

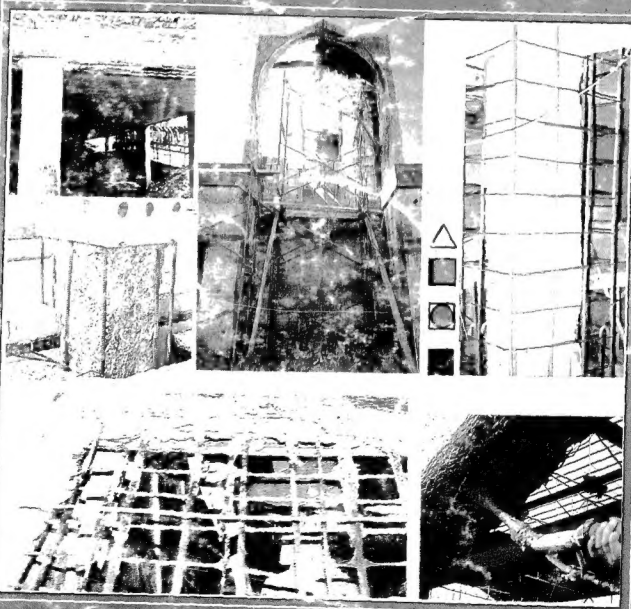
الإنشاء والإنهيار

دراسة الموقع . الأساسات السطحية والعميقة

الحوادث السائدة . تصديق المباني وعلاجها

تأليف: المهندس عبد اللطيف أبو العطا البكري

٢٠



الطبعة الأولى ١٩٩٤

الإنشاء والإنهيار

② في

■ دراسة الموقع

■ الأساسات السطحية والعميقة

■ الحوائط الساندة

■ تصدع المباني وعلاجها

مقدمة عامة

والصخور ، والباب الثالث يبحث الدراسات والتجارب والجسات بالموقع ، والباب الرابع يبحث في اختبارات بالموقع وأنواعها .

الجزء الثاني : الأساسات السطحية والعميقة :

يشمل هذا الجزء على أربعة أبواب وهي : الباب الأول ويشمل اعتبارات لبعض الحالات الخاصة للأساسات ، الباب الثاني التأسيس على الصخور ، الباب الثالث ويشمل الأساسات السطحية الغير نمطية ، وهي نماذج بحلولة لأربعة عشر نموذجاً ، والباب الرابع الأساسات العميقة ، ويبحث في جميع أنواع الخوازيق وطريقة التصميم .

الجزء الثالث : الحوائط السائدة :

ويشمل ثلاثة أبواب : الباب الأول : استكشاف الموقع واعتبارات تنفيذية وفواصل الإنشاء ، والباب الثاني يبحث تصميم الحوائط السائدة من الطوب ، والباب الثالث ويشمل تصميم الحوائط السائدة من الخرسانة العادية المسلحة .

الجزء الرابع : أسباب تصدع المنشآت الخرسانية

ومبادئ الطوب وطريقة إصلاحها :

ويشمل على سبعة أبواب - الباب الأول : المواد والتصميم والتنفيذ - الباب الثاني : الشروخ في المباني - الباب الثالث : اختبارات الخرسانة - الباب الرابع : مواد الإضافات وخرسانة الترميم واللصق - الباب الخامس : الإصلاحات الغير إنشائية والشروخ الإنشائية والغير إنشائية - الباب السادس : آثار الرطوبة والطبقات العازلة للحرارة والرطوبة وتخفيض مياه الرشح - الباب السابع : أعمال المباني والزلازل والأحمال .

والله الموفق والسلام عليكم ورحمة الله وبركاته

مهندس / عبد اللطيف البقري

أخى الزميل القارىء سبق وأن قدمت مجهودى لشواضع وهو الموسوعة الهندسية للمواصفات والتصميمات ومعدلات المواد والعمالة وإنشاء المباني والمرافق العامة في خمس ضيعات في غضون ١٩٨٠ حتى ١٩٩٤ ، وكذلك المنشأة المعمارية للتصميمات الإنشائية ، والكميات والمواصفات ودراسة العضوات الضبعة الأولى سنة ١٩٨٩ ، وذلك مصداقاً لقول الله تعالى : ﴿ رَبِّ زِدْنِي عِلْماً ﴾ ، والإنسان مهما كبر فهو في حاجة ماسة لأن يتعلم ، كما نصت جميع الأديان السماوية على الاستزادة من العلم ، لأنه بدونها قد يكون خسر كثيراً ، وعلى الكاتب أن يتأنى ويدقق في كتاباته ، أى أنه من الواجب علينا أن ندع الغرور جانباً ونستفيد من خبرات من سبقونا ، بصرف النظر عن جنسيتهم وأوطانهم ودينهم ، وأن نزيد عليها من مجهودنا وتفكيرنا ، والكل يسير والعقول توافينا كل يوم بتجديد ، وهذا من أعظم العبر وهو دليل على استيلاء النقص على جملة البشر ولا بد للإنسان أن يعطى فكرة جديداً مهما كان حجمه صغيراً أو كبيراً . إذ إن من يقف ولا يسير يُكتب عليه الفشل والتخلف ولا يصح أن يعتبر من الأحياء الناضجين ، فظفيرة البقاء للأصلح وهو دستور الصالحين الخالدين الذين ورثونا جهودهم وعصارة عقولهم لتزيد عليها ونورثها بعدنا من يستحق الأمانة .

أخى القارىء وفقى الله تعالى أن أكتب في أربعة فروع في الهندسة أربعة أجزاء منفصلة ؛ وهي دراسة الموقع ، وتصميم الأساسات غير النمطية ، وتصميم الحوائط السائدة ، وأسباب تصدع المنشآت الخرسانية والمباني بالطوب وطريقة إصلاحها . هذه الفروع الأربعة جمعوا في كتاب واحد وسمى (الإنشاء والإنهار) وسأعطى نبذة في هذه المقدمة عن كل جزء من الأجزاء .

الجزء الأول : دراسة الموقع :

يشمل هذا الجزء على أربعة أبواب : الباب الأول يبحث في عناصر الاستكشاف وطرق أخذ عينات التربة وتوصيف لعمل التقرير والجسمة ، والباب الثاني يبحث في أنواع خواص التربة

الجزء
الأول

دراسة الموقف

مقدمة

دراسة الموقع

الجزء الأول

القصد من دراسة الموقع هو تعريف بالطرق المختلفة لطبيعة الأرض وترتيب الطبقات التحتية للتربة ، وكذلك الاختبارات الحقلية التى عادة ما تصاحب عمليات دراسة الموقع ، وما هي شروط هذه الدراسة للموقع وتحديد خواص التربة واختياراتها كما نص عليه الكود المصرى لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات ، وقد أفردت هذه الدراسة فى أربعة أبواب وهى :

الباب الأول : الدراسة المطلوبة لعناصر الاستكشاف والطرق المبسطة لأخذ عينات التربة ؛ وهى الحفر ، وقضبان الدق والتثقيب بالبريمة أو نافورة المياه أو التثقيب الدوراني - وتقرير فنى عن أبحاث التربة والأساسات لعملية إنشاء عمارة سكنية .

الباب الثانى : أنواع خواص التربة والصخور ويبحث فى أنواع الصخور بجميع أنواعها وجميع أنواع التربة وتركيباتها ، وكذا أنواع التربة فى جمهورية مصر العربية .

الباب الثالث : الدراسات والتجارب بالموقع وطرق عمل الجسات وأنواع الجسات الميكانيكية وما هي متطلبات عدد الجسات بالموقع .

الباب الرابع : الاختبارات بالموقع وأنواعها بالطرق الآتية :

اختبار الاختراق القياسى - اختبار الدق - تجربة الاختراق بالمخروط ويشمل المخروط الإستاتيكي والديناميكي ومخروط الاختراق الإحتكاكي ومخروط الاختراق الكهربائي - طريقة مقياس الضغط للتربة ويشمل المقياس الاعتيادى ومقياس ضغط التربة ذاتى الحفر ، اختبار تحميل التربة (لوح التحميل) وإجراء الاختبارات للحصول على معامل رد فعل طبقة الأساس (لتصميم الأساسات والطرق والمطارات وحساب نتائج اختبار معامل رد فعل طبقة الأساس) .

والله الموفق .. المؤلف

مهندس/ عبد اللطيف أبو العطا البقرى

عناصر الاستكشاف وطرق أخذ عينات أثرية وبيئية لتحليل التربة والحجارة

الكتاب الأول

الفصل الأول

عناصر الاستكشاف وأخذ عينات التربة

مقدمة :

(٢) بيانات كافية عن تقدير الهبوط .
(٣) ما نوع الأساس الذي سينشأ عليه المبنى سطحي حيث يصلح القواعد المنفصلة أو القواعد المشتركة أو الأساسات العميقة .

(٤) البيانات الكافية لتمكين مهندس ميكانيكا التربة من تحديد قدرة تحمل التربة أو وحدة الأساس .
(٥) تحديد مشاكل التلوث والتأثير على البيئة المحيطة وأقرب مثال لتلوث البيئة هو منطقة المعصرة التي تغطيها غبار الأسمنت الناتج من مصانع الأسمنت بطوره .
(٦) بيانات عن ما تم للمباني المجاورة من هبوط أو تشرخ أو خلافه .

(٧) بيانات عن طريقة الحفر والردم وما هي الطريقة التي تصلح لسند التربة وأرضها هل هذه الحوائط من الطوب أو من الخرسانة العادية أو من الخرسانة المسلحة .

(٨) طريقة نزع المياه الجوفية هل هي well point system أو خلافه .

(٩) هل كان هناك مبانى سابقة بهذا الموقع وما نوعها وهل سيتم التأسيس على الأساسات القديمة أم ستزال .

(١٠) السمات الطبوغرافية المميزة للموقع ويتم معرفة هذه المعلومات من الخرائط المساحية والصور الجوية .

(١١) السمات الجيولوجية العامة للموقع وأنواع الصخور والترسيبات السطحية تتوفر هذه المعلومات من هيئة المساحة الطبوغرافية وهيئة المساحة الجيولوجية والمشروعات التعدينية والمساحة العسكرية وشركات التنقيب عن البترول .

(١٢) البيئة الأساسية واحتالات امتدادها (الطرق - المواصلات - مياه الصرف - الكهرباء وخلافه) .

(١٣) النشاط الزلزالي للمنطقة .

(١٤) المعلومات الهيدرولوجية : وتشمل دراسة خزانات المياه الجوفية وحركة المياه ، ونفاذية الوحدات الصخرية الحاملة للمياه ، تحليل المياه الجوفية والتركيب الكيميائي لها ، ودراسة حول الآبار والسيول وعلاقتها بالخران الجوفى .

(١٥) الخرائط التركيبية ومصدر هذه الخرائط من هيئة

منذ فترة طويلة ليست بعيدة كانت عملية إجراء اختبارات التربة وعمل جسات ودراسة الموقع واختبارات حقلية ومعملية كانت مقصورة على المشروعات الكبرى والهامة وغالباً ما تكون المشروعات التي تقوم بها الدولة مثل الخزانات والسدود والكبارى والطرق والمصانع وما شابه ذلك أما المبانى السكنية الخاصة ذات الارتفاع المتوسط أو المنخفض فكان يعتمد في المقام الأول على خبرة المهندس الذي يتولى مهمة التصميم وعلى المعلومات التي يحصل عليها من سبقوه بالبناء في المنطقة دون عمل جسات أو دراسات جيوتقنية الأمر الذى أدى إلى تصدعات وانهارات في بعض هذه المباني ولما كانت الاختبارات لازمة لجميع المباني الدور الواحد لأن المبنى الدور الواحد لا يتحمل فرق الهبوط Unequal Settlement بخلاف المباني الثقيل ، فتأثره بهبوط المباني يكون أقل ، ويكون هذا الهبوط ناتجاً من عدم وجود فواصل ، وعدم انتظام التربة وعدم انتظام الحمل ، ولذلك يجب عمل أبحاث ودراسة للتربة تكون كافية في الموقع ، وعند اختلاف المناسب في موقع واحد يجب عمل الدراسة لكل منسوب على حدة ولذلك وجب من الأهمية عمل الدراسة للموقع سواء أكان المبنى كبيراً أم صغيراً وعليه لا يقتصر على فحص بصري لمباني تؤخذ من خنادق مكشوفة بالموقع ولا بد من عمل جسات برؤية Auger boring وذلك في حالة المنشآت الصغيرة وتكون التربة معروفة الخواص أو السابق التأسيس عليها وعلى الجانب الآخر لاستكشاف الموقع يشمل عمل جسات عميقة Deep boring مع دراسة مستفيضة وعمل الاختبارات اللازمة معملياً ومفصلاً تفصيلاً دقيقاً وذلك للمنشآت الخاصة والمنشآت الثقيلة لأعمال الحفر العميق .

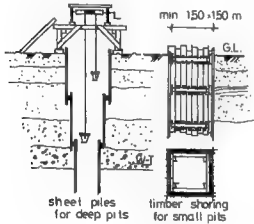
الدراسة المطلوبة لعناصر الاستكشاف :

(١) منسوب المياه الجوفية وتحليل نوعية هذه المياه .

المناسب للحفر يكون في حدود ٥٠ - ٥٠ متر وإذا زاد عمق الحفرة عن ذلك فيجب أخذ الاحتياطات اللازمة لتقوية جوانب الحفر منها من الانهيار وإذا كان عمق الحفر كبيراً فإنه يجب أن يتم سند الجوانب بأى من الطرق المناسبة المستخدمة عادة لهذا الغرض .

والرسومات التالية تبين سند الحفر بطريقة الستائر المعدنية للحفر العميقة for deep pits sheet piles وهذا في حالة ما يكون هناك مياه ، إما رفعها بالطريقة اليدوية أو بظلمة ماصة كابسة والطريقة الثانية عندما يكون الحفر غير عميق فيسند بستائر خشبية for small pits timber shoring كما في الرسم التالي :

رسم طريقة الحفر بالسائر المعدنية أو الخشبية



(ب) قضبان الدق

تعتبر هذه الطريقة أرخص الطرق لاختبار التربة حتى ١٢ متر تحت سطح الأرض . وهي قضيب من الصلب أو ماسورة ذات قطر ٣ سم ذات نهاية مدببة ولها جيب من الخارج ويدق بواسطة مطرقة ثقلاًها ٥ - ٦ كجم وترفع بواسطة رافعة أو قمطة (Clamp) للأعماق الكبيرة وبضاف وصلات من القضيب أو الماسورة بواسطة جلبة فلاورظ عند ما يرد زيادة عدد الوصلات . يستخرج بواسطة عينات صغيرة من التربة عند الأعماق المختلفة وتحدد أيضاً منسوب المياه الجوفية ويمكن تحديد بخيرة قليلة يستطيع المرء أن يفرق بين التربة الرملية من التربة الطينية عن طريق الصوت الذى يترجج عند لف القضيب (Twisted) ، والصعوبة في الدق تعطي مؤشراً لقوة الضغط على جهد التربة والشكلان التاليان أحدهما يبين تجربة الماسورة والثاني تجربة القضيب .

المساحة الجيولوجية ومن هذه الخرائط يمكن تحديد الأثر افندسي لتوزيع الجيولوجى .

(١٦) المعلومات الجيومورفولوجية ويمكن الحصول على هذه المعلومات من الخرائط الجغرافية المتاحة ومن الدراسات الضويعرافية والجيولوجية والصور الجوية حيث توصح الدويان - وممرات السيول ، السمات الرئيسية للترسبات السطحية ، أماكن الانهيارات الأرضية والمنحدرات الصخرية .

الجيولوجيا تحت السطحية أو تتابع طبقات التربة :

(١) يتم تحديد التتابع الصخري والليثولوجى تحت سطح الموقع وبعمق ملائم ، وإنتاج القطاعات الجيولوجية تحت السطحية . وذلك من واقع الخرائط الجيولوجية تحت السطحية والتقارير الجيولوجية الصادرة من أمانة العامة للمساحة الجيولوجية وإخامعات وشركات البترول والتعدين أو من واقع أعمال الحفر التى تحت بالموقع .

(٢) يستخدم أسلوب التنقيب في الحصول على العينات المثلة للقطاع الجيولوجى تحت السطحي ، ثم يتم دراسة هذه العينات لتحديد التركيب المعدني للصخور والترسبات الصخرية وسماتها الطبيعية والميكانيكية وكذلك يتم توقيع أماكن التنقيب وأعماقها على الخريطة الطبوغرافية أو الجيولوجية السطحية المتاحة لإنتاج القطاعات الجيولوجية تحت السطحية للموقع .

طرق مبسطة لأخذ عينات التربة

هناك وسائل كثيرة ومختلفة لأخذ عينات التربة لاختبارها وهذه الوسائل تختلف بعمق طبقة الطبقات وطبيعة العمل وهذه الطرق مبسطة وتنحصر في الآتي :

(أ) الحفرة

في حالة الأبنية ذات الأهمية بالدرجة الثانية يكفى بالحفر في مكانين أو ثلاثة ويكونوا مختلفين في الموقع بحيث هذه الأمكنة تعطي جميع البيانات المطلوبة .

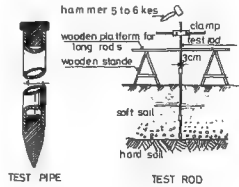
وتتميز الحفر المفتوحة بأن يسمح لفحص طبقات التربة بدقة في كل من الاتجاهين الأفقى والرأسي كما أنه يسمح بكشف مناطق عدم الاتصال والفواصل بين طبقات التربة وباستخدام طريقة الحفر هذه يمكن الحصول على عينات بنخالها الطبيعية من الأماكن أو الأعماق المرغوب فيها بسهولة وبالمقارنة بطرق الحفر الأخرى فإن الحفر المفتوح لا يؤدي إلى اهتزازات كما هو الحال في حالة التنقيب الميكانيكى الذى يتسبب في قلقلة التربة المجاورة لعمليات التنقيب . وفي حالة التربة التماسكة التي يمكن القيام بعمليات الحفر فيها بدون الحاجة إلى سند الجوانب فإن العمق

التقيب بالبريمة أو الحفرة :

الناشب والحرمات الصلبة تختلف في النوع حسب درجة تماسك التربة - الحفر داخل التربة بالماكينة أو باليد تعتمد على العمق وطبيعة التربة . ويمكن عمل الجسات عن طريق التقيب بالبريمة واستعمال القياسون حيث يتم في معظم الأحوال استعمال التشغيل اليدوي أو الميكانيكي من إخراج التربة على فترات متفرقة ومن المهم أن يتم الحفر على مراحل بحيث يتراوح عمق الحفر في كل مرحلة من ١ إلى ١,٥ متر ثم ترفع البريمة للتعرف على طبقات التربة المختلفة وارتفاع كل طبقة ويجب مراعاة أن التربة التي تحصل عليها بهذه الطريقة تكون مزيجاً من المواد التي تم اختراقها في كل مرحلة وبالتالي فالعينات ليست بخاصتها الطبيعية ولكن هذه العينات يمكن استخدامها في حساب القيمة المتوسطة لنسبة الرطوبة الطبيعية والتدرج الجبسي وحدود أتربرج .

ويمكن في حالة عمل الجسات بالبريمة الحصول على عينات بخاصتها المقلقلة وذلك عن طريق التقدم في الحفر حتى يظهر التغير في نوع التربة - ثم يتم تنظيف الثقب ونزع الأجهزة المستخدمة في الحفر - بعد ذلك يتم أخذ العينة بخاصتها الغير مقلقلة الطبيعية من أسفل الحفرة بالأجهزة الخاصة المناسبة لهذا النوع من التربة والرسومات التالية تبين الطرق المستعملة ذات الطبيعة القديمة في مصر من machine boring , Hand boring .

الجسات بواسطة التقيب أو الحفرة



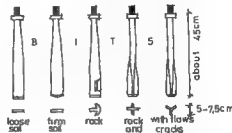
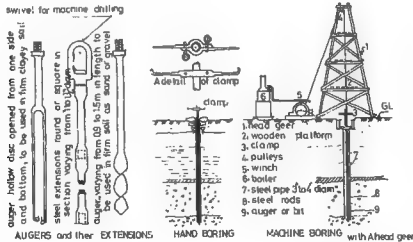
(ج) التقيب

يؤخذ ثلاث طرق مختلفة للتقيب ويستعمل الآتي :

- (١) التقيب بالبريمة أو اسفرة .
- (٢) التقيب بالمضخة المائية (طريقة النافورة)
- (٣) التقيب الدوراني .

ونظراً لطبيعة التربة تحتاج إلى طريقة أو أكثر من هذه الطرق وسيتم شرح كل طريقة على حدة .

الجسات بطريقة المنقب أو الحفر



التقيب الدوراني :

التقيب الدوراني باستعمال قواطع أسطوانية مجوفة ذات حافة من الماس أو الصلب وهذه الطريقة أفضل الطرق وتستخدم في الصخر الصلب أو تستخدم بكثرة في حالات التربة القابلة للانتفاخ المتصلدة .

يجب أن يتم عمل الجسات بالتقيب الدوراني باستخدام قواطع أسطوانية مجوفة ذات سرعات دوران عالية ويمكن أن يكون القاطع من الصلب أو الماس في نهاية الماسورة الصلب (core barrel) أو يتم عمل ثقب أسطوانى بالمقاطع دون (core barrel) ثم يتم إدخال جهاز لأخذ عينة من داخل هذا الثقب الأسطوانى وفى هذه الطريقة يجب الأخذ فى الاعتبار أنه من المحتمل أن نسبة الرطوبة الطبيعية لعينة التربة تزيد نتيجة استخدام سوائل فى عملية التقيب ولذلك فإن هذه العينة لا تستخدم فى القياسات المباشرة لخصائص الانتفاخ وهذه الطريقة تسمى : التقيب بالتخريم .

وهناك طريقة أخرى وهى التقيب بالحفر المفتوح وتستخدم للحفر فى التربة القابلة للانتفاخ والصخرية الضعيفة حيث يتم الحفر عن طريق جزء قاطع يقوم بتقيب التربة داخل القطر المحدد للحفرة ويفضل استخدام هذه الطريقة فى حالة التربة القابلة للانتفاخ حيث إنه يمكن استخدام الهواء أثناء عملية الحفر لإزالة الأتربة المتعلقة بدلاً من استخدام الماء كما هو الحال فى - الطريقة السابقة . والرسم التالى يبين طريقة لـ core barrel المربوطة بالقلاووظ أسفل الماسورة الصلب حيث يمكن تجميع العينات المختلفة بواسطته .

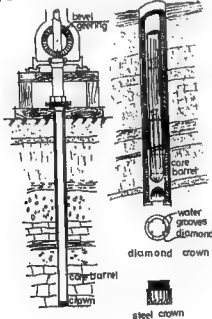
التقيب بالمضخة المائية (طريقة النافورة) :

هذه الطريقة رخيصة التكلفة وتستعمل فى التربة الغير متماسكة مثل الطين والطينى أو الرمل الناعم وتستعمل فى الأعماق التى تصل إلى ٣٥ متر تحت سطح الأرض .

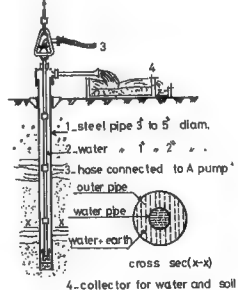
وهى عبارة عن ماسورة من الصلب بقطر من ١ إلى ٣ بوصة موصلة بأحد أطرافها بمضخة تعمل باليد أو بالماكنة لدفع المياه من الخارج داخل ماسورة خارجية من الصلب بقطر من ٣ إلى ٥ بوصة وهذه الماسورة الخارجية معدة من طرفها العلوى لسحب المياه الداخلة من الماسورة الداخلية تحت ضغط عالى لرفع هذه المياه وفى هذه الحالة الطين الذى تفتت وذاب داخل الماسورة بفعل المياه المضغوطة عن طريق الماسورة الداخلية سينتفع فى الفراغ بين الماسورة الداخلية والخارجية بقوة إلى أعلى وتجمع هذه المياه المحملة بالطين فى collector for water and soil علماً بأن الماسورة الخارجية تدق بالبرق أو بمطرقة كبيرة لها دليل يدخل داخل الماسورة وتعتمد قدرة المضخة على درجة تماسك التربة وتدرج حبيباتها - ويجب أن يكون قطر الماسورة الداخلية كل ١ بوصة يقابله فى الماسورة الخارجية قطر ٣ بوصة لتسهيل اندفاع المياه المحملة بالترية إلى أعلى .

والثاقيب والخزانات تساعد فى تدمير وإبعاد أى شوائب تعوق حركة دخول المياه وخروجها . ويمكن أخذ العينات عند الأعماق المختلفة من حوض تجميع الطين والأفضل أن تؤخذ العينة عن طريق الطلمبة الماصة والرسم التالى يبين هذه الطريقة .

الجست بطريقت التقيب

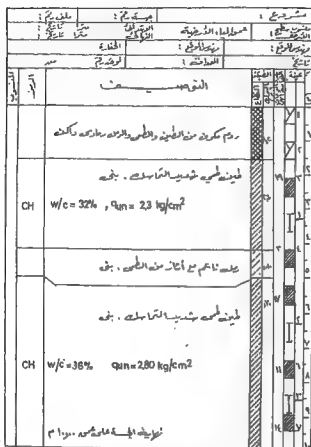


الجست بطريقت النافورة

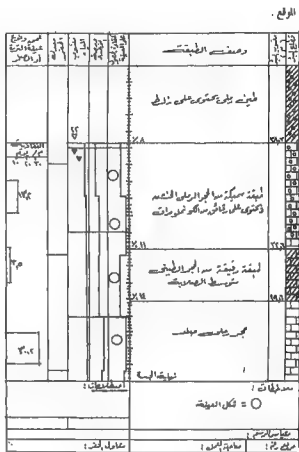


تسجيل النتائج

عند الانتهاء من أخذ العينات بإحدى الطرق السابق ذكرها يتم تسجيل النتائج سواء منها نتائج الحفر أو من نتائج الحفر وبعض النتائج العملية طبقاً للأسلوب الموضح بالأمثلة الآتية .



شكل مخطط تسجيل البيانات في قطاع الحفر



شكل مخطط تسجيل البيانات في قطاع الحفر

طينة رمادية	زلاط	طينة رمادية	عينة غير متفتحة
طينة رمادية	تفحيد الحجر الجيري	طينة رمادية	عينة من الحطاب الملتصقة (مدم)
طينة رمادية	حجر جيري	زلاط	سحب
طينة رمادية	رديم	زلاط مع حبيبات (مطبوقة) من طينة رمادية	عينة متفتحة
طينة رمادية	حارات (طينة جيرية)	زلاط مع حبيبات من الزلاط الجارية	زلاط
طينة رمادية		زلاط	طينة
طينة رمادية		زلاط	طينة

شكل مخطط تسجيل البيانات في قطاع الحفر

الفصل الثاني

طريقة توصيف الجسة والتقير

وبعد شرح ما سبق كان الواجب أن تلقى الضوء على عمل جستين في قطعة أرض مساحتها ٢٥٩٣ م^٢ كما هو مبين بالرسم رقم (١) التالى وتبين طريقة عمل التقير بطريقة مبسطة ووافية للعرض وتتلخص هذه الطريقة في عمل التقير الفنى التالى وما تم من هذا التقير في كل صفحة على حدة .

غلاف التقرير
تقرير فنى عن أبحاث التربة والأساسات
لعملية إنشاء عمارة سكنية
ملك الأستاذ /
صادرة من مكتب المهندس /
بالعنوان :

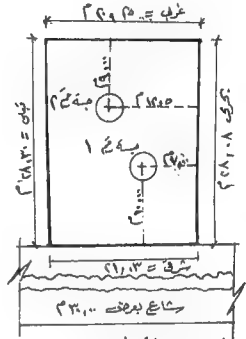
الصفحة الأولى

المحتويات :

- (١) المقدمة :
- (٢) الاستكشاف وأبحاث التربة .
- (٣) طبيعة التربة .
- (٤) التجارب العملية والحقلية .
- (٥) التوصيات والاقتراحات .

المرفقات :

- تعريف المصطلحات .
- مقاطعات الجسات .
- منحنيات التدرج الجيبي .
- منحنيات القوام .



الصفحة الثانية

(١) المقدمة

هذا التقرير مقدم بناء على طلب الأستاذ / وذلك بغرض إنشاء عمارة سكنية بشارع :

والغرض من هذه الدراسة هو دراسة خواص التربة الطبيعية والميكانيكية بالموقع المراد إنشاء المبنى به حيث تم استخدام الطريقة اليدوية في الحفر .

وقد اشتملت الدراسة على تنفيذ عدد (٢) جسة وكانت الجسة بعمق ١٥,٠٠ متر وذلك من سطح الأرض الطبيعية . وقد تم إجراء التجارب الحقلية أثناء عملية أخذ العينات من الجستين حيث تم استخراج عينات مقلقلة وغير مقلقلة من بئر الجس وذلك لإجراء الاختبارات اللازمة عليهما . كما تم فحص العينات وأجريت عليها التجارب المعملية لتحديد خواصها الطبيعية والميكانيكية ، وقد وجد أن الجستان متطابقتان تماماً ولذلك أديجتا في التقرير وأصبحتا كأنهما جسة واحدة . وأعطيت التوصيات الخاصة بنوع الأساس وعمق التأسيس والإجهاد الآمن ، وكذلك الشروط والمواصفات الفنية التى يجب اتباعها أثناء التنفيذ .

الصفحة الثالثة

(٢) الاستكشاف وأبحاث التربة :

تم استطلاع واستكشاف المنطقة التي يراد إنشاء المبنى بها وبناء عليه تم اختيار مواقع الجسات وذلك لاستخراج العينات اللازمة لإجراء الفحص والاختبار عليها .

حيث تم استخدام المعدات اليدوية والقاسون قطر ١٥٠ ملليمتر وبلغ عمق الحفر بالجسة ١٥,٠٠ متر وذلك من سطح الأرض الطبيعية .

وتم رصد منسوب المياه الجوفية الابتدائي والنهائي من سطح الأرض الطبيعية .

(٣) طبيعة التربة :

أجرى الفحص الحقل والمعمل على العينات المستخرجة من ناتج الحفر بالجسة وعلى ذلك صنف التربة إلى طبقات كما يتضح من قطاع الجسيتين اللتين أدجبتا في جسة واحدة وأصبح التقرير كأنه جسة واحدة المبن بالشكل رقم (٢) .

(٢) حيث تبين من هذا القطاع أن التربة بالموقع تتكون من الآتي :

الصفحة الرابعة

الجسة :

(١) من سطح الأرض الطبيعية حتى عمق ١,٣٠ متر ردم طسي طيني مع آثار كسر حجر .

(٢) من عمق ١,٣٠ متر حتى عمق ٢,٤٠ متر طسي مع آثار طين (ضعيف) .

(٣) من عمق ٢,٤٠ متر حتى عمق ٣,٥٠ متر طسي طيني (ضعيف) .

(٤) من عمق ٣,٥٠ متر حتى عمق ١٠,٦٠ متر طين شديد التماسك مع آثار طسي .

(٥) من عمق ١٠,٦٠ متر حتى عمق ١١,٥٠ متر طين طسي مع بعض الرمل الخرش .

(٦) من عمق ١١,٥٠ متر حتى عمق ١٥,٠٠ متر رمل خرش مع آثار زلط ناعم وطيني وطين .

الصفحة الخامسة

(٤) التجارب المعملية والحقلية :

أولاً : التجارب المعملية :

(أ) التدرج الحبيبي :

بناء على الفحص النظري للعينات المستخرجة من الجسات فقد تم اختبار عينات ممثلة لإجراء اختبار التدرج الحبيبي عليها

وذلك باستخدام المناخل القياسية كما هو موضح بالشكل رقم [٣] والذي يبين منحنى التدرج الحبيبي لهذه العينات .

كما استخدمت النتائج التدرج الحبيبي في ضبط دقة تصنيف طبقات التربة والمبنى على الفحص النظري للعينات .

(ب) تعيين حدود القوام :

تم إجراء اختبارات تعيين حدود القوام (حدود أتربرج) للتربة الطينية وذلك بتعيين حد السيولة باستخدام جهاز (كزاجراند) كما هو موضح بالشكلين رقم [٤] ، [٥] .

وكذلك تعيين حد اللدونة المقابل وبناء عليه تم تصنيف التربة باستخدام منحنيات اللدونة كما هو موضح بالشكلين رقم [٦] ، [٧] .

(ج) تعيين قيم الضغط غير المحصور :

Unconfined Compressive Strength

حيث تم تعيين قيم الضغط غير المحصور لعينات التربة غير المقلقلة ونتائج هذا الاختبار موضحة بالجدول التالي والذي يبين العلاقة بين رقم الجسة والعمق وقيمه الضغط غير المحصور .
: $q_u \text{ Kg/cm}^2$

العمق	الجسة	$q_u \text{ Kg / Cm}^2$
٢	٢ ، ١	٠,٤
٣		٠,٥
٤		٢,٠
٥		٢,٢
٦		١,٩
٧		٢,٠
٨		٣,٠
٩		٢,٦
١٠		٢,٥

الصفحة السادسة

(د) التحليل الكيميائي :

تم أخذ العينات من المياه الجوفية التي ظهرت بالجسات وكذلك تم رصد منسوب المياه الجوفية الابتدائي والنهائي داخل آبار الجس .

ومناسب المياه الابتدائية والثابتة داخل آبار الجبس موضحة على قطاع الجسيتين بالشكل رقم [٢].
وقد تم أخذ عينات من المياه الجوفية وتحليلها معملياً كما هو موضح بالجدول رقم [٢] والذي يبين التحليل الكيميائي لهذه العينات.
ثالثاً : التجارب الحقلية :
حيث تم إجراء تجارب الاحتراق القياسي أثناء عملية استخراج العينة من الجسة .

الصفحة الثامنة

جدول رقم (٢) جدول يبين التحليل الكيميائي لعينات المياه

رقم العينة	التاريخ	المسح	الرقم الهيدروجيني	درجة التوصيل سيمور / سم	جزء في المليون			ملاحظات	
					القلوية الكالكية	العسر الكلي	الكبريتات		
			٧٠٠	٢٥٠٠	٣٦٠	٥٦٠	٦٤٠	١٦٠٠	ملاحظات

الصفحة التاسعة

(٥) التوصيات : والاقتراحات :

SYMBOLS AND DEFINITIONS SHOWN IN CROSS SECTION

GRAVEL		زلط
SAND		رميل
SILT		طمي
CLAY		طين
SAND STONE		حجر رملي
LIME STONE		حجر جيرى
SHELLS		قشرايع
DISTURBED		مقلقلة
UNDISTURBED		غير مقلقلة
SEMI DISTURBED		نصف مقلقلة
LOST		فقدت

NOTES; from 0 to 10% = traces
from 10 to 20% = some
from 20 to more = adjective

- من خلال الدراسة السابقة للتربة بالموقع المراد إنشاء العمارة به يمكن إعطاء التوصيات والاقتراحات الآتية :
- (١) يستخدم الأسمنت البورتلاندى العادى فى أعمال الأساسات .
 - (٢) أ) يجب ألا يقل عمق الحفر عن ٣,٥٠ متر من سطح الأرض الطبيعية وجهد التربة الصالى يجب ألا يتعدى ١,٢٠ كجم / سم .
ب) أو يتم الحفر للموقع حتى عمق ٣,٥٠ متر من سطح الأرض الطبيعية وتوضع تربة لإحلال بسلك ١,٥ متر من الزلط والرمل بنسبة ٢ : ١ مع البسك الجيدة ولا يتعدى جهد التربة الصالى فوق الإحلال ١,٢ كجم / سم .
 - (٣) تحدد أبعاد القواعد العادية والمسلحة طبقاً للتصميم الإنشائى .
 - (٤) يجب دهان الأساسات جيلاً بالبيتومين الساخن (٣ أوجه على الأقل) أو البيرو بلاست المطاطى ثلاثة أوجه على البارد .
 - (٥) يجب دمك الحفرسانة جيداً مع الأخذ فى الاعتبار كافة الشروط والمواصفات الفنية الخاصة بالأعمال الحفرسانية للأساسات .
 - (٦) هذه التوصيات خاصة بعمارة سكنية ملك الأستاذ /
 - (٧) إذا وجد ما يخالف ما جاء بهذا التقرير يتصل بمكتبنا فوراً .

قطاع توصيف للجسم (٢٠١)

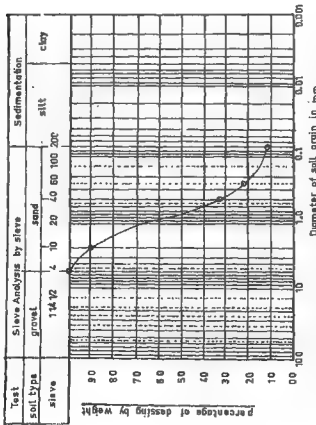
الموقع : عمان / الأردن
 المقياس : ١:١٠٠
 التاريخ : ١٩٩٩ / ١٠ / ١٠

الارتفاع	العمق	الوصف	الملاحظات
١	١٠٠	رمل (مستطيل) أبيض (مستطيل)	
٢	٢٠٠	مستطيل أبيض (مستطيل)	
٣	٣٠٠	مستطيل (مستطيل)	
٤	٤٠٠	مستطيل (مستطيل)	
٥	٥٠٠	مستطيل (مستطيل)	
٦	٦٠٠	مستطيل (مستطيل)	
٧	٧٠٠	مستطيل (مستطيل)	
٨	٨٠٠	مستطيل (مستطيل)	
٩	٩٠٠	مستطيل (مستطيل)	
١٠	١٠٠٠	مستطيل (مستطيل)	
١١	١١٠٠	مستطيل (مستطيل)	
١٢	١٢٠٠	مستطيل (مستطيل)	
١٣	١٣٠٠	مستطيل (مستطيل)	
١٤	١٤٠٠	مستطيل (مستطيل)	
١٥	١٥٠٠	مستطيل (مستطيل)	

شكل (٢٠)

GRAIN SIZE DISTRIBUTION CURVE

CLIENT: Bureau No : ٢٢١
 Location: عمّان / الأردن Depth in meter: ١٠٠



Visual and manual description	Grain size Determiners of soil
colour :	ASTM classification : SP
structure	uniformity coefficient C_u :
Name	Effective diameter d_{60} :
	Curvature coefficient C_c :

شكل (٢١)

Location: عمارة كسبة ملك Depth in meter: 4

FLOW CURVE SOIL



Location : - بحر قزوين Depth in meter ۹۰۰

FLOW CURVE SOIL

PLASTICITY CHART OF SOIL SAMPLES

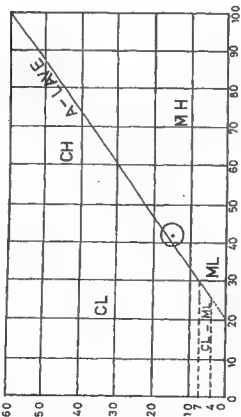
(CASAGRANDE DEVICE)

CLIENT

LOCATION

عمارة سكنية ملاك

PLASTICITY INDEX IN WEIGHT PERCENT



LIQUID LIMIT IN WEIGHT PERCENT

Depth of sample in meter = 1
 Depth of sample in meter =
 Depth of sample in meter =
 Depth of sample in meter =

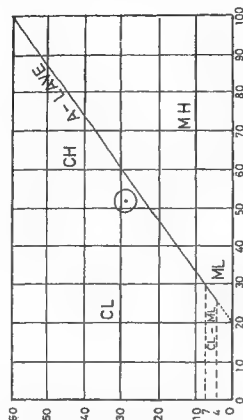
○ B H
 ● B H
 ◐ B H
 ⊗ B H

(V) شكل

CLIENT :

LOCATION :

عمارة سكنية ملاك



LIQUID LIMIT IN WEIGHT PERCENT

Depth of sample in meter = 3
 Depth of sample in meter =
 Depth of sample in meter =
 Depth of sample in meter =

○ B H
 ● B H
 ◐ B H
 ⊗ B H

(V) شكل

الباب الثاني

أنواع خواص التربة والصخور

الفصل الأول : أنواع الصخور :

وتنقسم الصخور إلى ثلاثة أنواع رئيسية هي :

١ - الصخور النارية :

تتكون غالبية القشرة الأرضية من الصخور النارية (حوالي ٩٥٪ بالحجم) والتي يرجع أصلها إلى تبلور الصهارة أو الماجما بدخول القشرة الأرضية أو قريباً من سطح الأرض وتبعاً للأعماق التي توجد عليها الصخور النارية بالنسبة لسطح الأرض فإنها تصنف إلى ثلاثة أقسام هي :

(أ) **صخور جوفية** أو **مداخلة** : وتوجد على أعماق كبيرة من سطح القشرة الأرضية . ومن أمثلتها صخور الجرانيت والديوريت ، ويرجع ظهور هذه الصخور على السطح إلى الحركات التكوينية التي تتعرض لها هذه الصخور .

(ب) **صخور سطحية** : وتوجد على أعماق متوسطة من سطح القشرة الأرضية ومن أمثلتها بورفير الكوارتز والبورفيريت والدولريت .

(ج) **صخور بركانية** أو **مقلوفة** : وتوجد على سطح الأرض أو بالقرب منه مثل البازلت أو الأنديست والدولريت .

٢ - الصخور الرسوبية :

تصنف الصخور الرسوبية على أساس نشأة الرواسب إلى ثلاثة أنواع رئيسية .

(أ) **الرواسب الميكانيكية** : تتكون الرواسب الميكانيكية من حبيبات المعادن الناقصة من التفتت الميكانيكي لجميع أنواع الصخور ، وتنقل المواد الفتتة بفعل المياه أو الهواء أو الجاذبية إلى أماكنها الحالية التي ترسب فيها ، وتشمل هذه الرواسب الأنواع الموضحة في الجدول التالي :

جدول يبين أنواع الرواسب الميكانيكية

أنواع الصخور الرسوبية	المراد للكلمة الراسب	هذه الثلاثة الراسب
كوبولوريت ورديا لبث	حصى حصى خمر حصى جلاية وحصى مساحية	أ) راسب حصى ٢ - ٢ م
الصخور قرنية بأرتميا السببية والقرية والقائمة والقرية والجلاية	رمل حصى رمل حصى رمل جلاية	ب) راسب الرمال ٨ - ٠.٠١ م
الغبار المسكند الصفيح الجوبي الصفيح الملوكي	الصفيح الغبار الطين	ج) راسب الطين ٠.٠١ م إلى أقل من ٠.٠٠١ م

الصخور هي الوحدات المكونة للقشرة الأرضية . ويتكون الصخر من معدن واحد أو أكثر . وعلى الرغم من أن الصخور تعرف من الوجهة الجيولوجية بأنها خليط ميكانيكي من عدد من المعادن الطبيعية متماصة ولها حالة من الاستمرارية للنسيج الصخري وتعرف التربة بأنها صخور مهشمة تأخذ حبيباتها أحجام وأشكال محددة وليس لها صفة التماسك المطلوبة للصخر .

إلا أنه في الحالات التطبيقية من وجهة النظر الهندسية المدنية يتم الفصل بين الصخر والتربة من خلال بعض الخواص والسلوكيات الميكانيكية مثل نتائج بعض الاختبارات الحقلية والمعملية .

وتتركب القشرة الأرضية في غالبيتها من الصخور النارية التي تشمل الصخور الجوفية والبركانية وعندما تتعرض الصخور النارية ، سواء كانت جوفية أو بركانية للظروف السائدة على الأرض فإنها تتفكك وتتحلل كيميائياً مكونة الفتات الذي تنقله المياه الجارية ويرسب معظمها في الأحواض - الترسيبية بالبحار والمحيطات وبذلك تنتج الرواسب التي تكون بعد تماسكها وتلاحمها الأنواع المختلفة من الصخور الرسوبية مثل الطين الصفحي والصخور الرملية والجيرية . كما بالجدول التالي وعندما تتعرض الصخور الرسوبية أو النارية التي على أعماق كبيرة لظروف جديدة من الضغط والحرارة العالية فإنها تتحول إلى صخور جديدة تسمى الصخور المتحولة ومن أمثلتها الرخام والكوارتزيت والشيست .

جدول يبين متوسط التركيب المعدني للصخور الرسوبية

المعدن	النسبة المئوية
كوارتز وسليكا	٣٠
بيكا (مسكوبيت وبيوتيت)	٢٣
معدن الصلصال (الطين)	١٧.٥
فسفاير	٩
كربونات وكلسيت ودولوميت	٨.٥
أكاسيد الحديد وكبريتيد الحديد	٥
كلوريت	٢
مساه	٢

ب) رواسب عضوية : تتكون هذه الرواسب من تراكم بقايا نشأتها .
المواد العضوية التي خلفتها الحيوانات أو النباتات التي تعيش في وتنقسم الرواسب العضوية كما في الجدول التالى إلى رواسب البحار أو اليابس . وتحتوى غالباً على حفريات تدل على جيرية وسيليسية وكربونية وحديدية وفوسفاتية .

جدول يبين أنواع الرواسب العضوية

أنواع الصخور الرسوبية	المواد المكونة للراسب	الصفة الغالبة للراسب
صخور جيرية عضوية كالطبشير .	فئات المحار وهياكل الحيوانات البحرية والشعاب المرجانية	أ) رواسب جيرية Calcareous
صخور سيليسية عضوية مثل : صخور الدياتوميت	أشواك الأسفنج الدولوميت	ب) رواسب سيليسية Siliceous
لجنيت - فحم بيتومنى - انتراست	غابات متفحمة ونباتات منقولة	ج) رواسب كربونية Carbonaceous
رواسب الحديد التي تتكون من الليمونيت	رواسب حديد المستقعات	د) رواسب حديدية Ferruginous
خام الفوسفات (الفوسفوريت) .	طبقات من عظام الحيوانات الضخمة - الجوانو .	هـ) رواسب فوسفاتية Phosphatic

ج) الرواسب الكيميائية : تنشأ الرواسب الكيميائية من عملية التبخر أو التفاعل الكيميائى بين المحاليل التي كانت هذه المواد مذابة فيها . ومن أمثلتها بعض الرواسب الجيرية الملحية أو التبخرية ويوضح الجدول التالى الأنواع الرئيسية لهذه الرواسب .

جدول يبين أنواع الرواسب الكيميائية

أنواع الصخور الرسوبية	المواد المكونة للراسب	الصفة الغالبة للراسب
الحجر الجيري البطروخي والدولوميت والصخور الجيرية الدولوميتية .	كربونات كالسيوم مترسبة من المحاليل : كربونات كالسيوم ومغنسيوم مترسبة من المحاليل .	أ) رواسب جيرية
التشرت والصوان	السيليكا الجيلاتينية	ب) رواسب سيليسية
خامات الحديد الليمونيتية والطفلة الحديدية	أكاسيد وأيدروكسيدات الحديد	ج) رواسب حديدية
جبس - انيهدريت - ملح صنخرى - أملاح الصوديوم والبوتاسيوم والنظرون	رواسب البحيرات المالحة	هـ) رواسب ملحية

(٣) الصخور المتحولة :

صخور لينة ومتوسطة الصلابة وصلبة وعالية الصلابة .
ويجب ملاحظة أنه عند اختبار القوة للصخر أن يكون اتجاه الضغط في نفس اتجاه ثقل المنشأ الهندسي على العينة المختبرة وذلك لأنه يوجد فرق كبير في درجة تحمل الصخور الرسوبية للضغط بموازاة التطابق عنه في الاتجاه العمودي على مستوى التطابق .

ولما كانت الصخور عتوية بصفة عامة على تشققات وفواصل متباعدة أو متقاربة فإن سلوك الصخر تحت الأحمال الهندسية وغيرها في المجال الأوسع (أي في الكتل الصخرية الكبرى) فإنه من الضروري أن تتأكد من مدى تأثير تلك التشققات على سلوك الصخر من الناحية - الهندسية . ويمكن دراسة هذا التأثير بصفة تقريبية عن طريق قياسات نسب الاستخلاص ورقم الاستخلاص أثناء إجراء الجسات وفحص العينات .

أ (الخواص الطبيعية : يوضح الجدول (التالي أ) الخواص الطبيعية لبعض أنواع الصخور النارية والرسوبية .

ب (الخواص الميكانيكية : يوضح الجدول (التالي ب) تصنيف الصخور من حيث قوة تحملها للضغط غير المحصور وذلك للصخر السليم المستمر .

هي الصخور المتحولة الرسوبية التي تأثرت بالضغط أو الحرارة أو كليهما من مصادرها التكوينية مما أدى إلى تغير في خواصها البنائية والميكانيكية . وقد يصاحب هذا التحول تغير في التركيب إذا توفرت العوامل المؤثرة لذلك .

(٤) التقسيم الهندسي للصخور الصلبة أو المتماكة بغرض إنشاء الأساسات :

إن الأهمية الجيولوجية بالنسبة لأساسات المباني والمنشآت هي تحديد صلاحية الصخور والتربة الحاملة لأساسات المنشأ أو الحاوطة للمنشأ ومعرفة أنواع التركيب الصخرية تحت السطحية مع مراعاة العوامل التي تنشأ من تأثير الزلازل وذلك في حالة المباني العالية وال ضخمة - والمنشآت الهندسية كالسدود والخزانات . ومن الناحية الهندسية تقدر صلاحية الصخور الصلدة المتماكة بصفتين أساسيتين هما القوة الضغطية للصخور و (R. Q. D.) للصخور ويمكن كذلك تقدير صلاحية الصخور لبعض الأعمال الهندسية بتحديد مقاومته لعوامل الاحتكاك والبرى أو القوة الضغطية والنسبة المثوية للمعادن المكونة للصخور والتي تزيد صلاحيتها عن ٥,٥ طبقاً لمقياس موهر للصلادة وعلى أساس صلابة المعادن المكونة للصخر قسم كرفان الصخور من الناحية الهندسية إلى خمسة أنواع هي

جدول (أ) يبين وحدة الحجم ومسامية بعض الصخور

المسامية %	وزن وحدة الحجم جم / سم ^٣	الصخر
١,٥ - ٠,٥	٢,٨ - ٢,٦	جرانيت
٩,٥ - ٠,١	٣,٠٥ - ٣,٠٠	دولريرت
٦ - ٤	٢,٦ - ٢,٤	ريوليت
١٥ - ١٠	٢,٣ - ٢,٢	أنديسيت
٠,٢ - ٠,١	٣,١ - ٣,٠٠	جابر
١ - ٠,١	٢,٩ - ٢,٨	بازلت
٢٥ - ٥	٢,٦ - ٢,٠٠	حجر رملي
٣٠ - ١٠	٢,٤ - ٢,٠٠	حجر طيني
٢٠ - ٥	٢,٦ - ٣,٢	حجر جبرى
٥ - ١	٢,٦ - ٢,٥	دولوميت
١,٥٠ - ٠,٥	٣,٠ - ٢,٩	نيس
٢ - ٠,٥	٢,٧ - ٢,٦	رخام
٠,٥ - ٠,١	٢,٦٥	كوارتزيت
٠,٥ - ٠,١	٢,٧ - ٢,٦	أردواز

- الكيلوجرام = ١٠ نيوتن تقريباً .

جدول (ب) يبين تصنيف الصخور من الناحية الهندسية

النسبة المئوية للمعادن التي صلابتها أكثر من ٥,٥				مقاومة الضغط غير المحصور للصخور (كجم/سم ^٢)
١٠٠ - ٧٥ %	٧٥ - ٥٠ %	٥٠ - ٢٥ %	صفر - ٢٥ %	
لين		لين جداً		أقل من ٦٠
متوسط الصلابة	لين			٦٠٠ - ١٠٠٠
متوسط الصلابة		لين		١٠٠٠ - ١٤٠٠
صلب	متوسط الصلابة			١٤٠٠ - ١٨٠٠
صلب		متوسط الصلابة		١٨٠٠ - ٢٠٠٠
عالي الصلابة	صلب	متوسط الصلابة		أكثر من ٢٠٠٠

— الكيلو جرام = ١٠ نيوتن تقريباً .

الفصل الثاني

التربة

١ - تعريف التربة :

وترسبت في مكان آخر وبذلك تغطى معادنها الأولية الثابتة عن تلك الموجودة بصخور الأساس وعوامل نقل التربة قد تكون بفعل الرياح عندئذ تعرف بالتربة الهوائية مثل تربة الكتبان الرملية وتربة اللويس .

وتعرف التربة بالتهرية إذا نقلت أو ترسبت بفعل المياه مثل الحصى والزلط والرمال الشاطئية ، أما إذا كانت الجاذبية هي القوة المؤثرة لتجميع الفتات الصخرى أسفل المنحدرات والمناطق ذات التضاريس الوعرة فتعرف التربة بالتشاقلية .

٣ - تصنيف أنواع التربة :

أ (التربة الهوائية : وأهم أنواعها الكتبان الرملية وتربة اللويس .
١ (الكتبان الرملية : تنشأ في المناطق الصحراوية الجافة أو متعذمة الأمطار حيث تنقل الرمال الناتجة عن الفتات الصخرى دقيقة الحبيبات بفعل الرياح والتيارات الهوائية حتى إذا اعترض حركتها - عائق توقفت ورسبت حولها من الرمال على شكل كتبان .

٢ (تربة اللويس : هي تربة هوائية تنشأ في الظروف القارية الصحراوية أو الجبلية وتتميز بأنها خليط من المعادن الناعمة من الرمال والطين والطيني مثل التي تحتوي أحياناً على معادن المونتموريليت ذي الشراخ العالية لامتصاص الماء . وتكون تربة اللويس ذات أصل أولي أو ثانوي إذا كانت ناتجة مباشرة من صخور الأساس في الحالة الأولى ومنقولة بواسطة الرياح أو

يطلق لفظ التربة على الطبقة العليا المفككة من القشرة الأرضية الناتجة عن تفتيت الصخور بعوامل التهوية والتجوية وهي تتحيز بالنسبة للمهندسين تجمع طبيعي لمعادن ومركبات عضوية متفاضلة إلى طبقات متفجرة السمل تختلف في شكلها وطبيعتها تركيبها وخواصها الكيميائية والحيوية عن الصخور الأساس .

٢ - أنواع التربة :

وتصنف التربة تبعاً للعلاقة الوراثية بين مكونات التربة وصخور الأساس إلى نوعين هما :
أ (التربة المتبقية . ب (التربة المنقولة .

بينما تصنف طبقاً للوسط الذي ساهم في تكوينها إلى ثلاثة أنواع هي :

أ (التربة الهوائية . ب (التربة التشاقلية . ج (التربة التهوية .
تعرف التربة المتبقية بأنها التربة التي تنقل في موضع تكوينها فوق صخور الأساس التي تنجنت عنها بفعل عوامل التجوية وفي هذه الحالة تحتوي على نفس المعادن الأولية الثابتة الموجودة بصخور الأساس .

أما التربة المنقولة فهي التربة التي نقلت من موضع تكونها

قطاع التربة :

تميز التربة بتكويناتها الطبقيّة المختلفة عن بعضها البعض وعن صخور الأساس في الخصائص والتركيب حيث يفضل وضع صورة لهذا القطاع فوق اللون والنسيج والتركيب المعدني وتركيز أيون الأم الهيدروجيني (PH) والمكونات العضوية والمعادن الطينية وتجمعات الأكاسيد. ويعرف قطاع التربة من الوجهة الهندسية بأنه قطاع رأس في الرواسب المكونة للتربة من منسوب سطح الأرض حتى عمق كاف. فإن تعدد ذلك القطاع طبقة التربة ليصل إلى صخور الأساس عرف بالقطاع الجيولوجي ويقسم القطاع عادة إلى ثلاثة مناطق يعرف الجزء العلوي باسم التربة العلوية ويعرف الجزء الثاني باسم طبقة ما تحت التربة أما الجزء الثالث فيطلق عليه الطبقة السفلى أو صخور الأساس المتأسكة. وقد لا يمثل التتابع الطبقي بصورة كاملة. مثلاً في حالة التربة غير الناضجة (المراحل المتوسطة من التعرية والتجوية) قد لا توجد طبقة التربة في الدراسات التفصيلية لقطاع التربة وقد تنقسم كل من طبقاتها الأساسية الثلاثة إلى عدد أكبر من رقائق الطبقات تتوقف حدودها على اختلاف تكويناتها المعدنية وتغير صفاتها في الاتجاه الرأسي.

عمليات التعرية والتجوية :

تأخذ نواتج عمليات التعمية والتجوية أحد صور ثلاث هي :

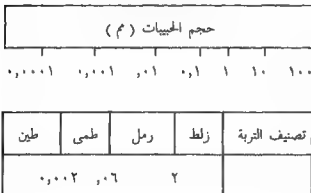
(أ) معادن أولية ثابتة مثل الكوارتز .

(ب) معادن ثانوية مثل الكاولينات والمعادن الطبيعية الأخرى .

(ج) مواد ذاتية على هيئة محاليل تتكون عادة من المعادن الأولية والثانوية دقيقة الحبيبات مثل الغرين والطين (الغرين هو خليط الطيني المترسب من الفيضان) ويمكن ترتيبه بمكونات التربة طبقاً للتدرج الحبيبي من الأصغر إلى الأكبر كما يلي :

(أ) الطين (ب) طيني (ج) رمل .

شكل يبين تصنيف التربة تبعاً لأحجام الحبيبات



الشلالات في الحالة الثانية كما تتميز بأنها في الحالة الجافة يمكن أن يكون القطع بها رأسياً وعند تعرضها للمياه يؤدي ذلك لانحيار القطع الرأسي.

وتختلف مساهمتها في الاتجاه الرأسي عنه في الاتجاه الأفقي وهي تعتبر تربة انهيارية بالنسبة للتأسيس .

(ب) **القوة التافلية** : وتتكون في المناطق الصحراوية الجافة المعقدة في تضاريسها وأصلها الجيولوجي والبيئية في ارتفاعها حيث تنشط عوامل التعرية الميكانيكية القادرة على تقطيت قمم الجبال والمرتفعات ليتدرج الفئات الصخرية تحت تأثير قوى الجاذبية إلى الوديان والمنخفضات .

(ج) التربة التهرية : تتدرج الرواسب المتقوية بواسطة مياه الأنهار في خشونتها من المنبع إلى المصب حيث تترسب المواد الخشنة مثل الحصى والزلط قريبة من المنبع بينما تترسب المواد الأكثر نعومة مثل الرمال على بعد عدة كيلو مترات وهكذا حتى تصل المياه المحملة بالرواسب دقيقة الحبيبات مثل الطين والطيني إلى المصب . وتترسب التربة التهرية في الوديان وعلى ضفاف الأنهار مكونة طبقات يختلف سمكها تبعاً لكثرة أو قلة الفترات الصخرية ونوع الصخور الأساس .

(٤) التركيب المعدني للتربة :

تأخذ نواتج عمليات التعرية **Denudation** والتجوية (weathering) أحد صور ثلاث هي معادن أولية مثل الكوارتز ومعادن ثانوية مثل الكاولينيت وغيره من المعادن الطينية الأخرى ومواد ذاتية على هيئة محاليل الكتروليتية أو غروية مكونة عادة من المعادن الأولية والثانوية دقيقة الحبيبات مثل الطين أو الطمي . وعلى ذلك فإن التربة بصفة عامة تتكون من خليط من الرمل والطيني أو الطين ويوضح الشكل التالي بعض الطرق المتبعة في تصنيف التربة تبعاً لمكوناتها الأساسية حيث تمثل المكونات المعدنية الثلاث للتربة وهي الطين والطيني والرمل بـ **بروس** مثل أضلاعها خليط من معدنين بينما تمثل أية نقطة داخل المثلث خليط من المعادن الثلاث ومبين على الشكل حدود مكونات الأنواع المختلفة والمعروفة للتربة .



شكل جيد تصفيف التربة بعد الحراثة المباشرة

الفصل الثالث

أنواع التربة في جمهورية مصر العربية

تتكون التربة في المناطق الحضرية من نوعين أساسيين:

(أ) الرواسب النيلية ورواسب النيل في المناطق الساحلية أو على مصاطب النهر .

(ب) التربة الصحراوية وتشمل تربة الساحل الشمالى الغربى .

١ (الرواسب النيلية :

تتكون الرواسب النيلية في أغلب المناطق في مصر من :

(أ) رواسب النهر في سهله الفيضى وهى لذلك تكونت على الترتيب التالى بدءاً من السطح .

(١) تربة طينية طمية متوسطة التماسك أو متاسكة وقد توجد بعض التربة اللينة السوداء عند السطح أو قرية منه .

(٢) تربة طمية أو تربة رملية طينية تمثل طبقة انتقالية .

(٣) تربة رملية نيلية وتتكون أساساً من الرمل الناعم إلى المتوسط وقد تحتوي على بعض الزلط الرفيع .

(٤) تربة طوفانية Diluvial وهى تربة رملية تكونت أصلاً

على مصاطب النهر وتتكون من الرمال الصفراء في الغالب وتوجد بها في بعض الأحيان كميات من كربونات الكالسيوم أو النولوميت في بعض المناطق مما يؤدي إلى تواجدها بعض الكتل

متوسطة التماسك داخل هذه الرمال . ويمثل هذه الطبقة تختلف وقد تنقسم إلى قسمين متباينين في بعض المناطق والقسم العلوى

منها يتكون من الرمال المتوسطة إلى حشوة . وتحتوى على بعض الزلط . وذات كثافة جيدة . وأما الطبقة التي تليها فتكون غالباً

من الرمال المتدرجة ولا تحتوي على الزلط بصفة عامة .

(٥) توجد بعض الترسبات الطينية على مستوى أعلى من ترسيبات السهل الفيضى في محافظة أسوان وتمتد لتصل شمالاً

حيث يقل سمكها وتختفي ثم تظهر تحت السطح في بعض المناطق شرق القاهرة على سبيل المثال . وهذه التربة تعتبر انتفاشية حيث

يزيد حجمها كثيراً عند ملازمة المياه وقد تقل نسبة الطين بها . إلا أنه يعتبر من النوع النشط والذي يسبب مشاكل عديدة في

عمليات التأسيس .

(ب) الترسبات النيلية الساحلية : وهذه تربة طينية رسبية النهر في المياه المالحة وهى في الغالب تتكون من الطين الغروى في بعض

الأماكن حول مدينة الإسكندرية ، أو من الطين اللين إلى متوسط في مناطق متعددة شمال الدلتا حتى منطقة بورسعيد .

(ج) التربة العضوية : وهى تعتبر ترسيب نيل بحرى مشترك

وهى التربة التي تحتوي عادة على خليط من الرواسب العضوية

مع تربة طمية أو طينية أو رملية . وتوجد في ج . م . ع حول فرعى النهر بصفة أساسية بدءاً من حوالى ٨٠ كم شمال القاهرة ومن مناطق المنصورة وحتى دمياط وكذلك حول فرع رشيد في مناطق دمياط حتى بعض مناطق الإسكندرية الشرقية .

٢ (التربة الصحراوية :

تحتضن المناطق الصحراوية كل المناطق الحضرية من الجنوب حتى القاهرة في حين توجد هذه التربة في بعض المدن الموجودة على حافة الدلتا وكذلك في مدينة السويس والإسماعيلية على

سبيل المثال كما تظهر الرسوبيات الصحراوية مختلطة مع الرسوبيات البحرية في مدن الساحل الشمالى بدءاً من أطراف

الإسكندرية الغربية . وهذه التربة الصحراوية تكونت في عصور أقدم كثيراً من

التربة النيلية وإن كان بعضاً منها مثل الرمال بصفة خاصة قد انتشرت بواسطة الأقطار إلى الوادى وما حوله من الأماكن

وترسبت مكونة مصاطب النهر - وليست الصحارى المصرية في مجموعها مغطاة بطبقات سمكية من الرمال ولكن الرمال في

بعض الأماكن لا تتعدى أمتار قليلة ، أما الطبقات الغالبة فتتكون من نوعيات مختلفة من التربة كما يلي :

(أ) الرمال المتناسكة : التربة التتابعية أو الرقائعية مكونة من تتابع الرمال الطمي والطين بأسمك مختلفة ، وكذلك التربة

التتابعية المتعددة الألوان المتواجدة في الصحراء الغربية الجنوبية مع تكوينات من الحجر الرمل النوى وتعرف Variegated

shales وتوجد الرمال المتناسكة بصفة عامة في الأراضي الصحراوية سواء على السطح أو على أعماق منه ، ويكون

غماسها راجعاً إلى وجود الحديد أو الطمي أو الطين أو المواد الجيرية أو الدوليتية أو كلوريد الصوديوم ويغلب على هذه التربة

السلوك الانهيارى ، وإن كانت بعض أنواعها ذات سلوك انتفاشى طبقاً لكميات الطين ونوعها المسببة لهذا التماسك وعلى

ذلك فإن الرمال المتناسكة لا بد من دراستها من الناحية الانهيارية وكذلك من ناحية الانتفاش وهذه الحالة الأخيرة ربما تحدث في

التربة الرملية التي تتناكس ليس فقط بواسطة الطين المتواجد بين حبات الرمل أو المغلف لها ونسبته غالباً غير عالية . ولكن قد

يكون التماسك ناتجاً عن وجود غلاف طيني رقيق حول حبات الرمل . على ذلك فإن التقييم السليم لخواص هذه التربة معملياً

سواء في الانتفاش أو في الانهيار يلزم بأن يتم باستخدام عينات غير قابلة لمقلعة وتستخرج بطريقة سليمة مع المحافظة عليها أثناء

النقل والتخزين كما يفيد التحاليل الميكانيكية وخواص المار من منخل ٠.٠٧٥ مم في تحديد خواص الانتفاش .

(ب) الطبقات الطينية : الطبقات الطينية سواء ما سمي بالحجر الطيني أو الحجر الطمي وهى ما يعرف جيوتكتيكياً أيضاً بالتربة

الطينية الجامدة وهذه التربة في الغالب تتكون من ترسيبات بحيرية أو بين تشققاته .

lacustrine deposits مثل الطين الأسواني أو التربة الطبقية في تكوينات إسنا أو القاهرة أو حول مدينة الإسكندرية أعلى منسوب المياه الأرضية أو في مناطق محافظة السويس والبحر الأحمر .

جـ (المارل : طين جيري يحتوي على نسبة من كربونات الكالسيوم تتراوح من حوالي ٣٠٪ ، ٨٠٪ ، بالوزن ويتوقف سلوكها على خواص الطين المكون لها إذ قد تكون هذه الخواص انتفاشية أو غير ذلك وتوجد غالباً داخل تكاوين الحجر الجيري

وقد يخفى معدن الطين ويبقى الطمي والرمل الجيري كمكونين رئيسيين وعلى ذلك فإنها تختلف بين المارل الغير لدن وبدون طين والمارل على اللدونة ، وفي الغالب تكون سابقة التصلب بدرجات متفاوتة . والمارل الشديد الصلابة قد يسمى حجر المارل ولا بد من العناية في التفرقة بينه وبين الحجر الجيري حيث إن سلوكه يشابه سلوك التربة الطينية لحد كبير عند تلامسها للمياه .

الفصل الأول

١ - الجسات :

٣ - الطبقات الحرجة: في الحالات التي تتطلب دراسات تفصيلية لميول المنشآت أو الزنات الميول أو دراسات رشع المياه فلا بد من التخطيط لإضافة جستين على الأقل للحصول على عينات غير مقلقة في الطبقات الحرجة ، وهذا الغرض فإنه يجب إجراء عدد كاف من الجسات الاسترشادية لتحديد الأماكن المثلة لطبيعة التربة لإجراء الجسات النهائية بها بما يحقق الدقة المتوخاه من الدراسة .

٤ - أعماق الجسات: تتوقف أعماق الجسات على حجم ونوع المنشأ المطلوب دراسته كما في الجدول التالي (جـ) كما أن أعماق الجسات تتوقف بدرجة كبيرة على خواص وتتابع الطبقات الموجودة بكل موقع على حدة .

٥ - الجسات التأكيدية: في المناطق الغير معروف طبيعتها مسبقاً فلا بد من الوصول بحصة واحدة على الأقل إلى عمق كبير بحيث يتم اختراق الطبقة اللازمة للدراسة والتأكد من عدم وجود أية ظروف غير عادية على أعماق كبيرة .

تعتبر الجسات أكثر الطرق شيوعاً لفحص التربة بالموقع .
أ) طرق عمل الجسات : انظر الجدول التالي (أ) لطرق عمل الجسات المختلفة وتطبيقاتها .

ب) وتوزيع واختيار أماكن الجسات وعددها يتوقف توزيع عدد الجسات والمسافة بينها على نوع المنشأ أو الغرض من الدراسة . ويمكن الاستعانة بالجدول التالي (ب) كمرشد عام لاختيار عدد الجسات ويجب الحرص في اختيار وتحديد أماكن الجسات .

٢ - القطاعات الجيولوجية: يخطط لأماكن وضع الجسات بحيث يمكن تحديد القطاعات الجيولوجية للموقع بطريقة دقيقة وملائمة للتصميم المراد إعداده . وبالإضافة يلزم اختيار أماكن الجسات في المناطق والميول المحتمل انهيارها بحيث تغطي تصوراً دقيقاً للقطاع الجيولوجي للتربة للتمكن من إعداد الدراسات المطلوبة سواء الجيولوجية أو الهندسية .

جدول (أ) يبين أنواع الجسات الميكانيكية

طريقة عمل الجسة	الطريقة المستخدمة للحفر	حدود الصلاحية
١) مجسات بالمخالب : Auger boring	يتم بدفع المخالب يدوياً أو ميكانيكياً مع إزالة التربة المعلقة بصفة دورية. وفي بعض الأحيان يمكن استخدام المخالب بصفة مستمرة ورفعها مرة واحدة فقط، ويمكن فحص التربة المزالة للتحرف على اختلاف نوع التربة مع العمق ولا يستخدم القاسون عموماً في هذه الطريقة ويجب الحرص عند استخدام المخالب الميكانيكي مع ضرورة تساوى معدل دفع المخالب الميكانيكي مع	١) تستخدم هذه الطريقة أساساً للفحص السطحي للتربة أعلى منسوب المياه الجوفية وفي التربة الرملية والطينية المشبعة جزئياً بالماء والتربة الطينية اللينة إلى متوسطة . ٢) وقد تستخدم هذه الطريقة كوسيلة لتنظيف الحفر بين أماكن أخذ العينات وتعتبر هذه الطريقة سريعة جداً إذا ما استخدمت القوة الميكانيكية في دفع المخالب .

نوع الجسة طريقة عمل الجسة	الطريقة المستخدمة للحفر	حدود الصلاحية
٢ (مجسات بالثقب المفرغ Hollow - stem Auger borings	معدل الحفر . ويمكن الحصول على جسات بقطر ١٠ سم في حالة الثقب اليدوي وتصل إلى ٢٥ سم في حالة الثقب للميكانيكي . في هذا النوع من الجسات يستخدم الثقب المفرغ مع الدفع الميكانيكي ويمكن اعتبار الثقب المفرغ كالثقب المستخدم لمنع حدوث انهيارات التربة للتمكن من أخذ العينات عند الأعماق الكبيرة .	٣ (يمكن فحص جدران الحفر الناتجة إذا ما استخدم الثقب بأقطار كبيرة وقد تنهار جدران الحفر في حالة التربة اللينة والموجودة أسفل منسوب المياه الجوفية . تستخدم هذه الطريقة للوصول إلى أماكن أخذ العينات في التربة سواء كانت عينات مقلقة أو غير مقلقة وكذلك الوصول إلى أماكن الحفر الدوار في الصخر من خلال الثقب المفرغ ولا تعد هذه الطريقة صالحة للعينات غير المقلقة في التربة الرملية والطينية .
٣ (مجسات بالتثبيت للحصول على عينات مقلقة . wash tip borings for disturbed sample	ويتم في هذه الطريقة تفتيت التربة عن طريق ضخ الهواء أو الماء أو سائل الحفر خلال دفع قواطع للتربة bits بحيث تزيل عملية دفع مخلفات القطع من الثقب ويمكن تحديد اختلاف طبقات التربة من طريق معدل تقدم الحفر وفحص مكونات سائل الحفر . ويمكن استخدام القاسون كلما دعت الضرورة لمنع انهيار الحفرة . وفي هذه الحالة يدفع القاسون أولاً بطول ١,٥ إلى ٣,٠ متر وبقطر ٥ سم إلى ١٠ سم وذلك عن طريق الدق ثم يفرغ القاسون بواسطة لقمة قطع متصلة بأسفل مواسير الحفر وتدفع للمياه أو سائل الحفر تحت ضغط من خلال فتحات في لقمة القطع فتؤدي إلى تفتيت التربة وحملها إلى أعلى من خلال الفراغ بين القيسون ومواسير الحفر حيث تؤخذ منها العينات .	تستخدم هذه الطريقة في الرمل والزلط والطين والطين اللين إلى صلب ، وتعتبر هذه الطريقة من الطرق الشائعة لفحص التربة ويمكن الوصول بمعدات الحفر إلى الأماكن الصعب الوصول إليها مثل أسطح المياه والأسطح المائلة أو داخل المباني وكذلك التي يصعب الحصول منها على عينات غير مقلقة .
٤ (التثبيت بالدوران Rotary drilling	عن طريق دفع دوران قواطع التربة ميكانيكياً بسرعة عالية مع ضخ سوائل الحفر لقطع أو طحن التربة إلى أجزاء صغيرة وإزالة مخلفات الحفر ويدل معدل تقدم الحفر وفحص المخلفات على التغير في طبقات التربة ولا يستخدم القاسون عموماً إلا عند	تستخدم في جميع أنواع التربة إلا في حالة المقاسات الكبيرة من الزلط ومن عيوب هذه الطريقة صعوبة تحديد التغير في طبقات التربة بدقة عالية ولا تعتبر هذه الطريقة عملية في الأماكن الصعب الوصول إليها نظراً لثقل معدات الحفر وتعتبر من

حدود الصلاحية	الطريقة المستخدمة للحفر	نوع الجسة طريقة عمل الجسة
<p>أسرع طرق عمل الجسات ويمكن استخراج عينات من التربة وأسطوانات الصخر حتى قطر ١٥ سم .</p> <p>لا تفضل هذه الطريقة لفحص التربة العادية عند ضرورة الحصول على عينات غير مقلقة نظراً لصعوبة تحديد تغيرات التربة والمقلقة التي تحدث للتربة تحت سطح قواطع التربة . ولكن قد تستخدم هذه الطريقة مع طريقة فحص التربة المثقاب أو الجسات المائلة ، انظر الطريقة رقم ٣ لاختراق طبقات الزلط والكتل الصخرية والتكوينات الصخرية وتفضل هذه الطريقة في حالة وجود فراغات أو مناطق ضعيفة في الترسبات الصخرية .</p>	<p>السطح في بعض الأحيان ويمكن الحصول على عينات مقلقة وغير مقلقة من التربة على الأعماق المختلفة باستخدام أسطوانات أخذ العينات وتراوح أقطار الجسات غالباً ٥ سم إلى ١٥ سم وقد تصل في بعض الأحيان إلى أكثر من متر .</p> <p>يتم عن طريق تفتيت التربة بواسطة تكرار رفع وإسقاط لقمة حفر ثقيلة مع استخدام كمية محدودة جداً من الماء لتكوين خليط خفيف القوام في قاع الحفرة ثم يتم سحب خليط التربة والماء بصفة مستمرة بالبلف (bailer) أو طلمبة رمل sand pump وفي هذه الطريقة يستدل على تغيرات التربة عن طريق معدل تقدم الحفر وصعوبة إززال أدوات الحفر أو من فحص ناتج الحفر ويستخدم القاسون بصفة عامة فيما عدا في الأرض الصخرية .</p>	<p>٥ (الحفر بالدق : Percussion drilling</p>
<p>تستخدم هذه الطريقة في أعمال الجسات لحفر الصخر والتربة الركامية ذات المقاسات الكبيرة . وللحصول على عينات في الصخور الضعيفة أو المشققة فإنه يفضل استخدام أقطار داخلية للأسطوانات أكبر من ٥ سم .</p>	<p>يتم عن طريق دوران قواطع مجهزة بأسطوانة (barrel) لقطع وأخذ عينات في الصخر حيث تنلغ سوائيل الحفر من خلالها أثناء القطع للتبريد ودفع مخلفات الحفر أعلى الحفرة ويستخدم القاسون عموماً للتبريد ودفع مخلفات الحفر إلى الحفرة ويستخدم القاسون عموماً مع هذا النوع من الحفر . ومن الطرق الأكثر شيوعاً للحفر في الصخر هي باستخدام لقمة حفر من الماس أو الكريد تتصل بأسفل أسطوانة أخذ العينات Barrel وأثناء الحفر تدار كل من الأسطوانة ومنها إلى لقمة الحفر للتبريد ولدفع مخلفات الحفر أعلى الحفرة ومع تقدم الحفر يتم دخول عينة الصخر داخل الأسطوانة .</p>	<p>٦ (الحفر في الصخر : Rock core drilling</p>

الفصل الثاني

جدول (ب) يبين متطلبات تحديد عدد الجسات بالمواقع المختلفة

مناطق البحث	تخطيط الجسات
المواقع العمرانية الجديدة	تخطط الجسات المبدئية في المناطق الغير مستوية بحيث تبعد عن بعضها مسافات بين ٦٠ إلى ١٥٠ متر ويجب أن تكون المساحة المحصورة بين أى أربع جسات حوالى ١٠٪ من المساحة الكلية وفي حالة الأبحاث التفصيلية يزداد عدد الجسات للحصول على قطاعات جيولوجية دقيقة ، أما في المناطق المستوية أو ذات الميل البسيط يمكن توزيع الجسات على شبكة من ٣٠٠ × ٣٠٠ متر إلى ٤٠٠ × ٤٠٠ متر .
المواقع المحتوية على طبقات رخوة قابلة للانضغاط	المسافة بين الجسات من ٣٠ إلى ٦٠ متر عند أماكن المنشآت المحتملة وتضاف جسات عند المنشآت بعد تحديد أماكن هذه المنشآت .
المنشآت السكرى وذات الأساسات السطحية المتقاربة	يتم اختيار الجسات بحيث تبعد عن بعضها من ١٥ إلى ٢٠ متر في كلا الاتجاهين وبحيث يمكن تحديد قطاع جيولوجى دقيق على مسار أساسات المنشأ .
المنشآت الخفيفة وذات المساحات الكبيرة مثل المخازن .	يتم اختيار أربع جسات على الأقل عند أركان المنشآت بالإضافة إلى جسات داخلية عند أماكن الأساسات المحتملة وبحيث تكون كافية لتحديد قطاع التربة . بحيث لا تقل عدد الجسات عن جسة لكل ١٠٠٠ متر مسطح .
السدود وخزانات المياه	يتم اختيار الجسات بحيث تكون بينها في حدود من ٦٠ إلى ١٠٠ متر في مناطق الأساسات وتقل المسافة بين الجسات عند خط منتصف المنشأ أو تصبح حوالى ٣٠ متر ، وتوزع الجسات عند مناطق التحميل والدعامات ومخارج المياه .
الحد الأدنى للجسات	يمكن عمل جسة كل ٣٠٠ متر مسطح بحيث لا تقل عن جستين لكل موقع .

جدول (ج): بين متطلبات تحديد أعماق الجسات

مناطق البحث	أعماق الجسات
المنشآت الكبرى وذات الأساسات السطحية المتقاربة	تحدد أعماق الجسات بحيث تصل إلى العمق الذى يصبح عنده الزيادة فى الإجهاد الرأسى الناتج من المنشآت أقل من ١٠٪ من وزن عمود التربة المؤثر . وعموماً فلا بد من ألا يقل عمق الجسات عن ١٠ متر إلا فى حالة ظهور الصخر على أعماق سطحية وضمان استمراره .
الأساسات المنفصلة	تحدد أعماق الجسات بحيث تمتد أعماق تلك الجسات إلى أن يقل الإجهاد الرأسى داخل التربة عن ١٠٪ من قيمة إجهاد التأسيس ويجب ألا يقل أعماق الجسات عن ١٠ متر من أقل منسوب بالموقع إلا إذا ظهرت طبقات صخرية عند أعماق سطحية فيتم النزول فى طبقات الصخر المتجانسة لعمق ٣ متر مع ضرورة التأكد من وجود فجوات أو تشققات داخل هذه الطبقات الصخرية من عنده .
الحواطط الطولية والأرصفة	يتم تعميق الجسات من ٠,٧٥ إلى ١,٥ مرة الارتفاع الحر من الحائط أعمق من منسوب الأرض أمام الحائط وعندما تدل طبقات التربة على ضرورة دراسة الاتزان العميق فلا بد من الوصول ببعض الجسات إلى الطبقات اللازمة لإتمام الدراسة .
دراسة اتزان المبول	لا بد من النزول بأعماق الجسات إلى مستوى أقل من مستوى سطح الانهيار المحتمل وحتى الوصول إلى طبقات الصلبة أو الوصول إلى الأعماق التى لا يمكن حدوث انهيار عندها .
الحفر العميق	يجب النزول بالجسات إلى عمق $\frac{3}{4}$ إلى مرة عرض الحفر المستود أو المفتوح وفى حالة إذا ما كان قاع الحفر أعلى من منسوب المياه الأرضية وفى التربة متزنة فيمكن الوصول بأعماق الجسات من ١,٥ إلى ٢,٥ متر أعمق من منسوب قاع الحفرة على الأقل . وفى حالة إذا ما كان منسوب قاع الحفر أوطأ من منسوب المياه الأرضية فلا بد من الوصول إلى نهاية الطبقات المنفذة للماء .
الجسور	يجب تحديد أعماق الجسات بحيث تزيد من نصف إلى مرة وربع الطول الأقصى لأسطح المبول فى الطبقات المتجانسة . وفى حالة ظهور الطبقات الرخوة فلا بد من الوصول إلى الطبقات الصلبة .
السدود وخزانات المياه	يجب الوصول بأعماق الجسات إلى نصف عرض قاع السدود الترابية أو من مرة إلى مرة ونصف وارتفاع السدود الخرسانية فى الطبقات المتجانسة ويمكن إنشاء الجسات بعد اختراق الطبقات الغير منفذة للماء مسافة من ٣ إلى ٦ متر إذا استمرت هذه الطبقات بأعماق كبيرة .

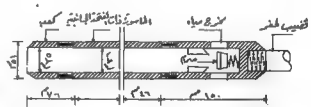
الفصل الأول

أنواع الاختبارات

أولاً اختبار الاختراق القياسي :

ظهر هذا الاختبار حوالى ١٩٢٧ وقد تم تطويره عن طريق شركة - رايموند كما تم نشر تفاصيله في كتاب ترزاكي وبك ١٩٤٨ (Terzaghi and Peck 1948) وتستخدم هذا الاختبار منذ حوالى ٦٠ سنة في جميع أنحاء العالم وهو بذلك أكثر التجارب الحقلية استخداماً على الإطلاق وهو في المقام الأول عبارة عن اختبار ديناميكي حيث تدق - الماسورة (المعلقة القياسية) (standard sampler) كما في الشكل التالى لأخذ العينات التى تخترق التربة بواسطة الدق بشقل مقداره ٦٢,٥ كجم يسقط من ارتفاع حر مقداره ٠,٧٦ متر حتى يتم اختراق التربة لعمق ٣٠ سم عند العمق المراد فحصه .

وتسمى عدد الدقات اللازمة لاختراق هذه المسافة بمقاومة التربة للاختراق (ن) هذا بالإضافة إلى أن المعلقة تسمح باستخراج عينات مقلقة للتربة عند العمق المراد فحصه مما يتيح تصنيف التربة .



شكل يبين ماسورة أخذ العينات ذات الفتحة البائنية (المعلقة)

الإعداد للاختبار :

يجرى هذا الاختبار داخل الجسة وعلى ذلك يكون عمل الجسات وتجهيز الحفرة هما جزء من هذا الاختبار .

٣ - الحفر : يتم الحفر حتى العمق المراد فحصه وذلك باستخدام طرق عمل الجسات المذكورة بالجدول السابق (١) مع

مراعاة ما يأتى :

١ - في حالة الحفر بالنسيل يجب استعمال لقمة حفر ذات فحات جانبية للمياه ولا يسمح باستخدام لقم الحفر ذات فحات سفلية .

٢ - عند استخدام طريقة الماسورة والبريمة في الحفر shell and auger and يجب ألا يتعدى قطر لقمة الحفر ٩٠٪ من القطر الداخلى لماسورة الجس (القيسون) أو قطر الحفرة في حالة عدم استخدام القاسون لسند الجوانب .

٣ - يجب استخدام مواسير أو طين حفر (بتونيت) في حالة التربة القابلة للتآكل .

٤ - يتراوح قطر الحفر بين ٦٠ سم إلى ٢٠٠ سم كحد أقصى وتفضل الأنظار الصغيرة أو بصفة عامة يجب أن يكون معدات الحفر مناسبة لعمل حفرة نظيفة نسبياً حتى يتم الاختبار على التربة غير مقلقة بقدر الإمكان .

٤ - تجهيز الحفرة :

أ - يجب تنظيف الحفرة بدقة عند منسوب الاختبار كما يجب أن تكون التربة عند هذا المنسوب غير مقلقة .

ب - يجب المحافظة على منسوب المياه في الحفرة بحيث يكون مساوياً لمستوى المياه الجوفية (أو أعلى قليلاً لتفادى أية ضغوط بيزومترية) وذلك لتفادى فوران الرمل في الحفرة .

ج - يجب سحب أجهزة الحفر ببطء لتفادى إضعاف التربة (Loosening) .

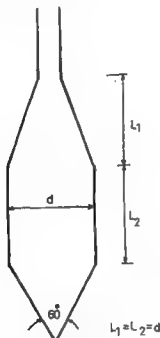
د - في حالة الحفر داخل القاسون فإنه يجب عدم إززال هذه المواسير تحت منسوب الاختبار .

المعلقة القياسية (standard spoon) .

تتكون المعلقة القياسية من أجزاء ثلاثة متصلة ببعضها وها الأبعاد للمينة في الشكل السابق حيث القطر الخارجى ٥١ سم (± ١) والحد الأدنى لطول الجزء الأوسط ٤٥٧ سم ويتصل بالجزء الأوسط عند طرفه الأسفل كعب (لقمة الحفر) طوله ٧٦ سم وعند طرفه العلوى بوصلة لتثبيت المواسير ويكون القطر الداخلى ٣٥ سم (± ١) ويمكن زيادة القطر الداخلى إلى ٣٨,١ سم على أن يخلّف من الداخل بغشاء بسبك ١,٥ مم .

أ - تجربة الاختراق بالغروط الديناميكي :

الغروط الديناميكي جهاز خفيف صغير الحجم ويصلح للاستخدام بصفة خاصة في المساحات الكبيرة . وقد استخدم هذا الجهاز أصلاً لاختبار جودة دمك التربة غير المتناسكة (الرملية) ويستخدم حالياً لتحديد منسوب الطبقات - ومقاومتها وكذلك خواص التربة مع العمق عند مكان الاختبار كما يستخدم في تصميم الأساسات الخازوقية وحساب قوى تحمل الأساسات السطحية وفي هذه التجربة يتم دق غروط مثبت في نهاية قضبان معينة وذلك بمطرقة ذات وزن وسقوط محددتين . وتكون جهاز الاختراق الديناميكي من رأس مخروطية الشكل من الصلب المقوى بزوايا رأس قدرها ٦٠ كما في الشكل التالي حيث إن قطر الغروط الخفيف ٢٥٠ مم وأما الغروط الثقيل فقطره ٤٣٠ مم والمتوسط قطره ٣٥٠ مم .



تجهيز رأس الغروط في جهاز الاختراق الديناميكي

ب - اختبار الغروط الاستاتيكي (الغروط الهولندي) .

الغرض من هذا الاختبار هو تحديد مقاومة الاختراق الناشئة من الدفع الرأسى لغروط مثبت في نهاية قضبان داخل التربة المراد اختبارها ويعرف أحياناً بالغروط الهولندي وتستخدم نتائجها في تحديد مقاومة التربة الطينية وفي تصنيف التربة كما يستخدم بكثرة في تصميم الخوازيق وحساب قوى تحمل التربة وهبوط الأساسات .

يجب أن تكون لقمة الحفر من الصلب المقوى ومعدة بقلادوظ بحيث يمكن استبدالها عند اللازم ويجب ألا يسمح لها بأى انتشابات كما يجب أن تكون حافتها مشطوفة وليست حادة . ويمكن استخدام غروط (٦٠ °) من الصلب بدلاً من هذه القطعة لاستخدامه في التربة الرملية .

ويجب أن يكون الجزء الأوسط لمسورة الحفر من الصلب بحيث تسهل صيانته ومراقبته ويجب أن تحتوى الوصلة العلوية على أربعة فتحات بقطر ١٣ مم لخروج الهواء أو الماء أثناء الدق كما تحتوى على صمام صلب ٢٥ مم لخلق فتحة لا يقل قطرها عن ٢٢ مم . كما في الشكل السابق .

ثانياً : اختبار الدق : Penetration test :

يتم إززال الملعقة حتى نهاية الحفرة وتسجل المعلومات التالية :

- ١ - قطر وطول القضبان المستخدمة .
- ٢ - العمق حتى نهاية الحفرة .
- ٣ - منسوب المياه (أو طين الحفر) في الحفرة .
- ٤ - نوع المخترق وهل هو ملعقة قياسية أو ماسورة تنبى بمخروط .
- ٥ - طراز القضبان (الوزن للمتر الطولى) .
- ٦ - مقدار اختراق الجهاز في التربة تحت تأثير وزنه ووزن القضبان (إذا وجد) .
- ٧ - طراز المطرقة .

ب - دق الملعقة يتم على مرحلتين : في المرحلة الأولى يتم اختراق ١٥ متر بما فيها المهبوط نتيجة الأوزان الذاتية وإذا لم يتحقق ذلك بعد ٥٠ دقة فيجب التوقف . وفي المرحلة الثانية يتم اختراق ٢٠ متر ويكون عدد الدقات اللازمة لذلك هي مقاومة الاختراق المطلوبة (ن) وفي حالة زيادة (ن) عن ١٠٠ (في حالة استخدام الغروط) أو عند ٥٠ (في حالة استخدام الملعقة) فيجب إيقاف التجربة ويجب ألا يتعدى معدل الضرب بالمطرقة ٣٠ دقة في الدقيقة ويتم تسجيل عدد الدقات لكل ١,٥ متر عمق .

ثالثاً : تجربة الاختراق بالغروط :

تجارب الاختراق بالغروط من التجارب الشائعة في مجال ميكانيكا التربة وهناك العديد من هذه التجارب وفي هذه الملاحظات - يقتصر على ذكر تجربة الاختراق بواسطة الغروط الديناميكي والغروط الاستاتيكي المعروف باسم الغروط الهولندي .

بعض الحالات الخاصة إلى ١٠٠ مم كما في الشكل التالي

المعدات :

أ - يعتمد الاختبار على الدفع إلى أسفل المخروط من الصلب له زاوية رأس مقدارها ٦٠ درجة وقطر ٣٥,٧٠ مم ليعطي مقطع لمساحة قاعدته مقدارها ١٠ سم^٢.

ب - يتصل المخروط بقضبان من الصلب بقطر ١٥ مم وهذه القضبان تنزل داخل مواسير خارجية من الصلب ذات جدران سمكية وتسمى بقضبان الدفع بحيث يتراوح الخلوص بينهما من ٠,٥ إلى ١ مم ويجب أن يكون القطر الخارجي لقضبان الدفع مساوياً لقطر المخروط ٣٥,٧ مم وذلك لمسافة ٤,٠ م على الأقل من أعلى قاعدة المخروط أو ٠,٢ م من أعلى أكام الاحتكاك كما يلاحظ تساوى أطوال كل من قضبان الدفع والقضبان الداخلية.

ج - يوجد طرازان أساسيان لهذه المعدات هي :

١ - مقدمة اختراق تلسكوبية ميكانيكية .

٢ - جهاز اختراق كهربائي ومقاييس انفعال كهربائية مثبتة في مقدمة غير تلسكوبية لقياس معاملات مقاومة الاختراق .

د - تم تصميم المخروط من النوع الميكانيكي على أساس قياس قوة تحمل التربة والمسماة بمقاومة الاختراق X_p كما يمكن قياس الاحتكاك الجانبي المعرض إليه المخروط عند منسوب الاختراق K_p وذلك بالإضافة ما يسمى بأكام الاحتكاك الإضافية (مساحة سطحها ١٥٠ سم^٢) ويعرف هذا الطراز بمخروط الاختراق الاحتكاكي ، وتقاس هذه المعاملات عند سطح الأرض بواسطة أجهزة قياس مناسبة كهربائية أو ميكانيكية .

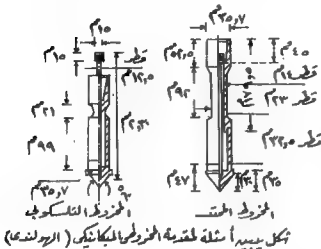
خطوات إجراء الاختبار :

أ) مخروط الاختراق الميكانيكي :

(١) يتم دفع القضبان (قضبان الدفع) والمتصلة بجهاز الاختراق في التربة وحتى منسوب الاختبار .

(٢) يتم دفع المخروط استاتيكيًا بمعدل ٢٠ مم/ثانية بواسطة القضبان الداخلية لمسافة لا تقل عن ٣٠,٥ مم ويتم قياس مقاومة الاختراق X_p أثناء الحركة الاستاتيكية للقضبان الداخلية بالنسبة إلى قضبان الدفع (القضبان ثابتة عند عمق الاختبار في هذه الحالة) .

(٣) يتم تحريك قضبان الدفع لأسفل حتى تتلامس مع القاعدة المخروطية ويأخذ الجهاز شكله التلسكوبي ثم تدفع المجموعة حتى منسوب اختبار جديد ثم يعاد إجراء الاختبار كما سبق ذكره على ألا تزيد المسافة بين منسوبي الاختبار عن ٢٠٠ مم وقد تصل في

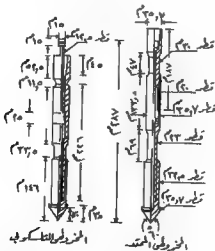


شكل مبسطة أشعة لمقدمة المخروط الميكانيكي (البرلندي)

ب) مخروط الاختراق الاحتكاكي :

(١) يمثل هذا الاختبار اختبار مخروط الاختراق غير أنه يقاس مقاومتين بدلاً من مقاومة واحدة أثناء دفع المخروط .
(٢) نحصل أولاً على مقاومة الاختراق X_p ثم أثناء المرحلة الأولى من الاختبار كما هو موضح بالخطوات ١ ، ٢ من الطريقة السابقة .

(٣) عند وصول طرف المخروط إلى أقصى عمق له يتم سحب أكام الاحتكاك معه عند دفع القضبان الداخلية ويتم قياس المقاومة الكلية للمخروط وأكام الاحتكاك ثم يتم حساب مقاومة احتكاك - الأكام K_p وذلك بطرح قيمتي المقاومة كما في الشكل التالي



شكل مبسطة أشعة لمقدمة المخروط الاحتكاكي

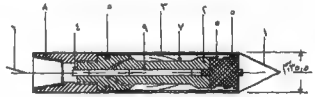
ج) مخروط الاختراق الكهربائي :

- (١) مقدمة مخروطية (١٠سم^٢) .
- (٢) خلية أجمال .
- (٣) غلاف حامي .
- (٤) جلبة مانعة للمياه .
- (٥) حلقات .
- (٦) كابل .
- (٧) مقاييس انفعال .
- (٨) اتصال بالقضبان .
- (٩) مقياس الميول - انكلونومتر .

أ) تسجيل القراءات الابتدائية ورأس المخروط معلقاً تعليقاً حرّاً في الهواء بعيداً عن أشعة الشمس .

ب) تسجيل مقاومة الاختراق وكذلك مقاومة الاحتكاك وباستمرار مع العمق أو تسجيل القراءات كل مسافة لا تزيد عن ٢٠٠م .

ج) يجب التأكد بعد انتهاء الاختبار من القراءات الابتدائية كما في الشكل التالي



شكل مقياس ضغط مخروط كهربائي

طريقة مقياس الضغط للتربة :

مقدمة : مقياس الضغط للتربة عبارة عن تجربة تحميل استاتيكي تم في الموقع داخل حفرة وذلك بواسطة مجس أسطواني وتستخدم هذه التجربة بكثرة - خاصة في أوروبا منذ ١٩٦٠م ومقاييس ضغط التربة المختلفة المستعملة حالياً هي :

أ) المقياس الاعتيادي : The standred pressuremeter
ب) مقياس ضغط التربة ذاتي الحفر : Self boring pressuremeter

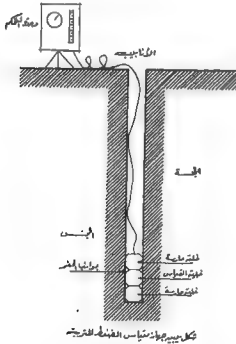
ويقاس هذا الاختبار معاملات الإجهاد والانفعال في التربة في حالة الانفعال ذي المستوى الواحد stress-strain parameter in plane-strain conditions ويمكن استخلاص المعاملات الآتية بصفة خاصة من هذا الاختبار :

أ) معامل مقياس الأنفعال : pressuremeter deformation modulus ويرمز له E_p الذي يعبر في الواقع عن مرونة التربة والذي يستخدم لحساب قيم الميول الرأسى والأفقى الفورية وكذلك عديد من القيم الأخرى المطلوبة .

ب) أقصى إجهاد قص للتربة لحساب قوة تحمل التربة .
ج) الإجهاد الأفقى الكلى σ_{ho} لحساب معاملات ضغط التربة عند السكون لحساب ضغوط التربة الأفقية اللازمة لكافة التصميمات الهندسية .

د) ضغط المياه في الفراغات الذى يتولد نتيجة تمدد الفجوة نتيجة لإجراء التجربة وقيم هذا الضغط تستخدم في العديد من التطبيقات خاصة لإيجاد قيم معاملات التدعيم مثل المعاملات C_p و m_p للتربة الطينية .

المعدات : تتكون جميع أنواع أجهزة مقاييس ضغط التربة من ثلاثة أجزاء رئيسية كما في الشكل التالى وهى المجس Probe ووحدة التحكم Control unit والأنابيب Tubing والفرق الأساسى بين الأطرزة والأنواع المختلفة هى في مفهوم وعمل المجس .



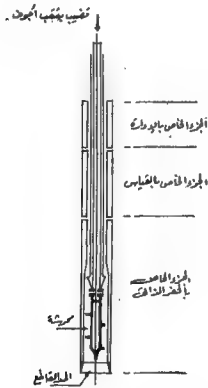
شكل مقياس ضغط مخروط كهربائي

أ) المجس : يتكون المجس من جسم أسطواني مكون من ثلاثة خلايا مستقلة وعلى استقامة واحدة وتغطي هذه الخلايا بششاء مطاطي . وتسمى الخلية المتوسطة خلية القياس وتسمى الخليتان الأخرتان بالخليتين الحارستين اللتين تضمثان حالة الانفعال ذي مستوى واحد للخلية المتوسطة وتعرضان لنفس الضغط التي تعرض له خلية القياس واستخدم مقياس ضغط ذو خلية واحدة يعتبر خطأً نظراً لتعرض هذه الخلية لتأثيرات الحدود End-effects التي تؤثر في القياسات .

تستخدم في الحفر البريمة المستمرة أو يتم الحفر بالكور Core drilling مع استخدام طين الحفر (البتونيت) .

(ب) الطريقة الثانية (دفع المحس هيدروليكياً أو مباشرة من سطح الأرض حتى المنسوب المطلوب للتجربة Jacking or direct insertion. تستخدم هذه الطريقة غالباً في التربة الغير متاسكة ذات الحبيبات الكبيرة الحجم نسبياً كالرمل الخرش والزلط نظراً لصعوبة عمل حفرة بالكفاءة المطلوبة . وفي هذه الحالة تتم وحماية المحس بواسطة أنبوبة (غلاف) ذات فتحات تتصل من أعلى بمواسير الحفر ويتم الحفر ويتم نفخ المحس داخل الأنبوبة ذات الفتحات بحيث يتم قياس قوتها قبل الإدخال في التربة .

(ج) الحفر الذاتي للمحس : كما في الشكل التالي : self-boring probe
إنزال المحس وهو مزود عند نهايته السفلية بماسورة أخذ العينات ذات جذران قليلة السمك وذلك بمعدل ثابت يتم قفلته التربة بواسطة مطحنة grinder خاصة بحيث تدفع هذه التربة (وهي في حالة معلقة (Suspension) من داخل الجهاز ولأعلى) .



شكل يبين المحس ذاتي الحفر

(ب) وحدة التحكم في الضغط والحجم :

تثبت هذه الوحدة على سطح الأرض بجوار الجسة (الحفرة) ومهمتها التحكم ومراقبة وتسجيل انقماش المحس . ويكون مصدر الضغط عبارة عن أسطوانتان من الغازات المضغوطة ويتم مراقبة وتسجيل سريان المياه لحلية القياس بواسطة أسطوانة مدرجة تسمى بمقياس الحجم volumeter ويتم التحكم في الضغط على مقياس الحجم بواسطة منظم للضغط يتم قراءته بواسطة مقياس للضغط Pressure gauge ذو حساسية مناسبة . كما يمكن قياس قطر المحس بواسطة مقاييس انفعال كهربية Electrical transducers .

(ج) الأنابيب : تصل الأنابيب ما بين وحدة التحكم - على سطح الأرض - والمحس عند منسوب الاختبار في الحفرة وذلك لتوصيل المياه والغازات بينهما .

طريقة وضع المحس في التربة :

يمكن وضع المحس في التربة بإحدى الطرق التالية :

- (١) بواسطة وضعه في المنسوب المطلوب بعد عمل الحفرة .
- (٢) بواسطة دفعه من أعلى مباشرة حتى المنسوب المطلوب .
- (٣) بواسطة المحس ذاتي الحفر كما في الشكل التالي

الطريقة الأولى (وضع المحس بعد عمل الحفرة) :

Preboring

عمل الحفرة يعتبر جزء أساسي ومهم من تجربة مقياس الضغط وتؤثر جودة عمل الحفر تأثيراً كبيراً على دقة النتائج وصحتها . ويجب المحافظة على تماس المحس مع جوانب الحفرة أثناء إجراء التجربة باستمرار .

ويجب اتباع النصائح التالية للحصول على أفضل النتائج لأنواع التربة المختلفة :

(١) في حالة الطين الذي يتراوح قوامه من الطرى جداً حتى الجامد يتم الحفر بالبريمة اليدوية بطريقة جافة وبلون استخراج للعينات منعاً للقلقلة .

(٢) في حالة الطين ذو القوام الجامد أو الجامد جداً يتم الحفر المستمر بالبريمة المستمرة Continuous flight auger كما يجب مراعاة لف البريمة في نفس اتجاهها في الحفر عند سحبها لأعلى ببطء .

(٣) في حالة الرمل يتم الحفر باستخدام قطعتي الحفر للمساء بالقطعة ذات المقدمة المفلطحة Blunt nose drill ويستخدم طين الحفر (البتونيت) في هذه العملية .

(٤) في حالة الصخور الضعيفة والمتعرضة لعوامل التعرية

طريقة إجراء التجربة

الضغوط الأساسية : يمكن تحديد قيم ثلاث ضغوط أساسية

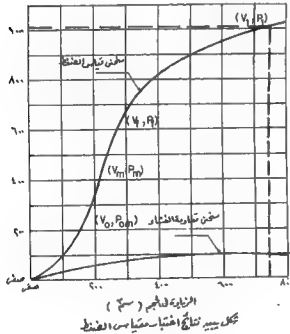
لطبقة التربة المختبرة .

أ (الجزء الأول : في الجزء الأول من المنحنى يزداد حجم الجس بزيادة الضغط حتى تصل قيمة الضغط إلى P_{om} وهي تساوي نظرياً قيمة الإجهادات الأفقية الموجودة أصلاً بالتربة قبل الحفر P_{ho} وعندما يكون حجم السائل بالجس مساوياً V_o حيث $(V_o = V_c + V_o)$

وتعتبر النقطة P ذات الإحداثيات (V_o, P_{om}) نهاية تلك المرحلة وهذا الجزء لا يظهر في حالة الجس ذات الحفر .

ب (الجزء الثاني : بزيادة قيمة الضغط عن P_{om} يحدث زيادة في الحجم تتناسب عكسياً مع الزيادة في الضغط وتعتبر ممثلاً للتحميل المرن أو الشبه مرن ، وتنتهي تلك المرحلة الخطية .

أ ب (عندما يصل قيمة الضغط إلى ضعف الزحف P_f كما في الشكل التالي



ج (الجزء الثالث : بزيادة قيمة الضغط عن P_f يحدث زيادة سريعة في الحجم معبرة عن حدوث انحرافات حول الجس وتسمى المرحلة بالمرحلة اللدنة ومع زيادة الضغط يقترب المنحنى من ضغط ثابت asymptotic limit يعرف بالضغط الحدى (P_l) وهو الضغط اللازم لمضاعفة الحجم الأصلي للفجوة $2V_o$ وفي كثير من الأحيان لا يمكن الوصول إلى قيمة الضغط الحدى P_l مباشرة وذلك نظراً لأن

أ (إعداد الجس : قبل وضع الجس في مكان التجربة يجب عمل الخطوات الآتية :

١) يجب تشيع الأنابيب ووحدة التحكم وخلية قياس ضغط المياه في الفراغات والعمل على سريان المياه بهم للتخلص من كافة فقاعات الهواء .

٢) يجب نفخ الجس بالضغط في الهواء عدة مرات للتحقق من أن قوة غشاء الجس ثابتة وذلك لمعايرة هذا الغشاء .

٣) يتم ضبط مقياس الحجم بحيث تكون القراءة صفراً عندما يكون حجم الجس هو الحجم القياسي المحدد .

ب (الاختبار :

١) في قياس الضغط العادي (أو القياسي) يتم الاختبار بزيادة الضغط في الجس على فترات ثابتة بحيث يتعرض الجس للقيمة ضبط (أو قيمة إجهاد) ثابتة ومستقرة لمدة دقيقة واحدة .

٢) ويتم قياس ومراقبة التغير في حجم الجس بواسطة قياس سريان المياه للدخل الجس بعد مضي ١٥ ثانية ثم ٣٠ ثانية ثم دقيقة واحدة .

٣) زيادة الضغط في الجس على مراحل يتراوح عددها بين ٨ : ١٤ وبذلك يستمر الاختبار من حوالى ١٠ دقائق إلى حوالى ١٥ دقيقة .

٤) ويعتبر الاختبار متبهماً عندما تضيق كل المياه الموجودة في مقياس الضغط إلى الجس (أى إلى خلية القياس بالجس) أو عند الوصول إلى مستوى الضغط المطلوب .

٥) يستحسن إجراء الاختبار على أعماق كل حوالى ١ متر للحصول على تقييم جيد للطبقة .

التصحيحات :

أ (يجب تصحيح نتائج الاختبار بحساب فواقد الضغط والحجوم التى تحدث في أجزاء المقياس المختلفة .

ب) يجب تصحيح مقدار الضغوط التى يتعرض لها الجس ، حيث إن مؤشر مقياس الضغط يشير إلى مقدار أقل من الضغط الحقيقى إلى الجس وذلك نتيجة الضغط الهيدروستاتيكي داخل الأنابيب .

ج) يكون حجم المياه المسجل في مقياس الحجوم V_o أكبر من حجم الجس الفعلي نتيجة تمدد الأنابيب .

د) توقع النتائج بعد تصحيحها - على هيئة منحنى حجوم - ضغوط كالبيان في الشكل التالى ويوقع على نفس المنحنى معايرة الجس لإجراء التصحيح اللازم بسهولة .

كما يمكن استخدام قيمة الضغط الحدى لتحديد مقدار تحمل التربة للإجهادات ، وذلك لتصميم الأساسات السطحية والعميقة باستخدام العلاقة :

$$q_a = \frac{(P_1)_{net}}{K}$$

حيث :

$$(P_1)_{net} = P_{om} - P_1 = \text{الضغط الحدى الصافي}$$

$$q_a = \text{إجهاد التحميل الصافي} .$$

$$K = \text{معامل قدرة التحميل} .$$

في حالة الأساسات السطحية تكون قيمة K تقريباً ٣ بينما في حالة الأساسات العميقة تكون تقريباً ١ .

ويمكن تحديد قيمة مقاومة الاحتكاك على وجه التقريب على جوانب الخوازيق باستخدام .

$$f = \frac{(P_1)_{net}}{20}$$

الفصل الثاني

اختبار تحميل التربة (لوح التحميل) Plate loading test . تعتبر تجربة التحميل من أنسب التجارب لتقدير قوى تحمل التربة المتجانسة ومقدار المبوط خاصة التربة التي يصعب استخراج عينات سليمة واختبارها كالرمال والطين المشقق fissured clay كما يعتبر هذا الاختبار هو الاختبار الأمثل لاستخراج المعامل (K_p) (معامل رد فعل طبقة الأساس) وذلك لاستخدامه في التصميمات في مجال هندسة الأساسات والطرق والمطارات .

معدات الاختبار :

أ) يتكون جهاز التحميل من مصطبة من الخشب المتين - أو من المعدن للتحميل المباشر (كما في الشكل التالى) (أ) أو عبارة عن إطار يربط بمخطافات تثبت داخل التربة anchors مع جهاز تحميل هيدروليكي كما في الشكل التالى (ب) ويجب أن يكون جهاز التحميل الهيدروليكي مصمماً بحيث تتم عملية التحميل وإزالة الحمل على مراحل وأن يكون مجهزاً بمقاييس انفعال ذات معايرة دقيقة لتقدير أحمال التجربة في مختلف مراحلها ويجب ألا تكون المسافات بين المخطافات أقل من ٨ مرات قطر لوح التشغيل .

ب) يتكون لوح التحميل في العادة من مربع طول ضلعه ٣٠ سم على الأقل أو مستدير بقطر ٣٠ سم أيضاً ويسمك ٢٥ مم .

كمية السائل بالجهاز محدودة وفي هذه الحالة يمكن حساب قيمة الضغط الحدى باستخدام قيمة ضغط الزحف علماً بأن العلاقة التجريبية التي تربط بينهما هي

$$0.5 < \frac{P_f}{P_1} < 0.75$$

ويحدد معامل مقياس الانفعال للتربة E_p من الجزء الخطي بالمنحنى للشكل السابق باستخدام العلاقة

$$E_p = 2(1 + \nu) (V_c + V_m) \frac{\Delta P}{\Delta V}$$

حيث :

$$\frac{\Delta P}{\Delta V} = \text{ميل الجز الخطي من المنحنى} .$$

V_m = حجم السائل المندفع في الجس عندما يكون الضغط مساوياً $\frac{P_{om} + P_f}{2}$

V_c = حجم الحلية الوسطى عندما يكون قراءة مقياس الحجم صفر .

ν = نسبة بواسون وتكون مساوية ٠,٣٣ ، وفي هذه الحالة

$$E_p = E_m$$

تساوى E_m معامل المرونة طبقاً لمينارد . menard

طريقة عرض النتائج :

تعرض نتائج لمقياس الضغط للتربة على شكل منحنيات توضح التغيير في العمل مع معامل مقياس الانفعال E_p وقيمة ضغط الزحف P_m وقيمة الضغط الحدى P_1 هذا ويفضل إجراء الاختبار كل متر حتى يمكن معرفة نوع وخواص الترسيب الذي يجرى خلاله الاختبار .

تسجيل المعلومات لكل اختبار .

أ) الموقع ورقم الجسة والعمق الذي تم عنده إجراء الاختبار .
ب) تسجيل نوع الجهاز المستخدم .
جـ) تحديد قطر الجسة في حالة المقياس الاعتيادى مع تحديد طريقة الحفر المستخدم وكيفية سند جوانب الحفر .
ويمكن تصنيف التربة باستخدام النسب بين قيم الضغط الحدى ومعامل مقياس الانفعال كما يلي :

النسبة E_m / P_1	نوع التربة
٧-٤	رمل مشيع سائب جداً إلى سائب
١٠-٧	رمل مدموك
١٠-٨	تربة طينية لينة إلى متاسكة
٢٠-١٠	تربة طينية جامدة إلى جامدة جداً
١٥-١٢	اللويس

(ج) يتم وضع طبقة رقيقة من الرمل الرفيع بسمك ٠,٦ سم في الحفرة الصغرى ثم يوضع لوح التحميل بثبات قوى هذه الطبقة التي يمكن بها تقادى أية فروق في مناسيب قاع الحفرة ويستخدم الجبس في بعض الأحيان لتثبيت ألواح التحميل .

(د) يتم تحميل اللوح على مراحل بحيث يكون الحمل في كل مرحلة حوالى ١/٨ الحد التصميمى المقترح ويكون أقصى تحميل للوح حوالى ٣ مرات هذا الحمل التصميمى .

(هـ) يترك الحمل ثابتاً في كل مرحلة مع أخذ قراءات للهبوط على فترات كالاتى : بعد دقيقة واحدة ثم دقيقتين ثم خمس دقائق ثم عشرين دقيقة ثم أربعين دقيقة ثم بعد ساعة . وتكرر قراءة الهبوط بعد ذلك كل ساعة حتى يصبح معدل الهبوط أقل من ٠,٢ مم/دقيقة في التربة الطينية أو تتوقف قراءات الهبوط ثم يزداد الحمل إلى المرحلة التالية وهكذا .

(و) يجب ملاحظة أن تثبيت الحمل يتم بسهولة إذا كان التحميل مباشراً . ولكن في حالة - التحميل الهيدروليكي فيجب ملاحظة إثبات الحمل باستمرار نظراً لأحمال تغيره في هذه الحالة .

إجراء الاختبار للحصول على معامل رد فعل طبقة الأساس (لتصميم الأساسات والطرق والمطارات) :

(أ) يستخدم في هذا الاختبار ألواح مستديرة من الصلب بأقطار مختلفة (٣٠ سم و ٤٥ سم و ٧٦,٢ سم تقريباً) وترتب هذه الألواح على شكل هرمي لضمان جساتها .

(ب) يستخدم جهاز التحميل الهيدروليكي ويكون مجهزاً للتحميل على مراحل وبقدرة حتى ١٥ طن .

(ج) في حالة اختبار التربة في الموقع يستحسن إزالة ٣٠ سم من السطح في مكان التجربة قبل تثبيت الألواح .

(د) يستعمل عدد كاف من مقاييس الانفعال مثبت على بعد ٢٥ من المحيط على أن تؤخذ القيمة المتوسطة للقراءات على أنها قيمة الهبوط .

(هـ) يتم تحميل الألواح بإجهاد تقريبي قسرة ٠,٠٧ كجم/سم^٢ ثم يزال بعد عدة نواى وبعد التحميل مرة أخرى بإجهاد يؤدى إلى هبوط حوالى ٠,٢ مم .

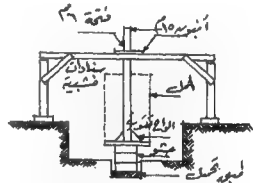
(و) يزداد الحمل على الألواح حتى تسجيل هبوطاً مقداره حوالى ١ مم ويثبت الحمل حتى يصل معدل الهبوط إلى ٠,٠٢ مم/دقيقة وعندئذ يزال الحمل تماماً وتراقب أجهزة قياس الانفعال حتى يصل معدل الاستعادة recovery إلى ٠,٠٢ مم/دقيقة .

(ج) كما يمكن في حالة استخدام المقاسات المتربة استخدام لوح (٧٠,٦ سم × ٧٠,٦ سم) .

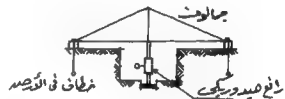
حيث مسطحه ٢/١ متر مربع وذلك لسهولة حساب الإجهادات . ويمكن استخدام ألواح ذات أبعاد أكبر (حوالى ٧٥ سم) وسلك لا يقل عن ١٣ مم .

(د) يجب ألا يقل عدد مقاييس الانفعال عن مقياسين بدقة ٠,٠٢ مم ويجب أن تثبت المقاييس على قائم خاص لإعطاء مستوى مستقل للقياسات .

(هـ) يجب أيضاً توافر ميزان ومثبتات لمقاييس الانفعال وساعة مقيانية



شكل عيمية ميزان التحميل المباشر (م)



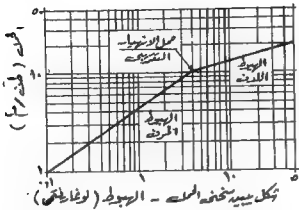
شكل عيمية رد فعل الدعامات بواسطة المجالوت (ب)

خطوات إجراء الاختبار :

إجراء الاختبار للحصول على قيم قوى تحمل التربة .

(أ) يتم عمل حفرة بقطر أو اتساع لا يقل عن خمس أضعاف قطر أو اتساع لوح التحميل .

(ب) يتم عمل حفرة داخل الحفرة الأولى بقطر أو اتساع لوح التحميل نفسه .



ز) يعاد التحميل وإزالة الحمل السابق بنفس الطريقة الموضحة عاليه عشر مرات مع تسجيل القراءات من مقاييس الانفعال بعد التحميل لكل مرة من المرات .

ح) يزداد الحمل ليعطي هبوطاً قدره ٢٥ مم وتكرر الخطوات السابقة . ثم يزداد مرة أخرى ليعطي ٥٠ مم و ١٠٠ مم مع اتباع ما جاء في الخطوات (د - و) من نفس البند .

التقرير :

يجب أن يحتوي التقرير على :

أ) القراءات المستمرة لكل من الحمل والهبوط ودرجات الحرارة .

ب) تاريخ إجراء الاختبار وحالة الطقس .

ج) أي ظروف غير عادية طرأت أثناء التنفيذ .

حساب نتائج الاختبارات :

حساب نتائج اختبار قيم قوى تحمل التربة :

أ) توقع نتائج الاختبار على منحنى (أحمال - هبوط) .

ب) القيمة القصوى لتحميل التربة إما أن تقع عند نقطة انهيار يمكن تحديدها على المنحنى أو عند قيمة تقديرية للهبوط (حوالي ٥/١ قطر أو ضلع اللوح) وذلك في حالة صعوبة تحديد قيمة انهيار من المنحنى .

ج) توقع المنحنى لوغاريتمياً هي الطريقة الأفضل لتحديد نقط الانهيار حيث يختصر المنحنى إلى شبه خطين مستقيمين تعتبر النقطة التخيلية لتلاقيهما هي نقطة الانهيار كما في الشكل التالي وتكون هذه النقطة مثلاً لأقصى قوة تحمل للتربة المختبرة .

وباستعمال معامل أمان يتراوح ٢ إلى ٣ يمكن الحصول على قوة تحمل التربة التصميمية .

د) بالنسبة للتربة الطينية المشبعة بالمياه فإن قيمة قوة تحمل التربة الناتجة من اختبار التحميل تعتبر قوة تحمل قواعد الأساسات بصرف النظر عن اختلاف الأبعاد ، أما بالنسبة للتربة الرملية غير المتاسكة فإن هذه القيم تتناسب مع عرض الأساس تناسباً خطياً بالتقريب . ويلزم لحساب قوة تحمل التربة في هذه الحالة أن يجري أكثر من اختبار تحميل بمقاييس مختلفة للألواح ثم استنتاج قوة تحمل قواعد الأساسات من نتائج التجارب طبقاً لقاعدة التناسب .

حساب نتائج اختبار معامل رد فعل طبقة الأساس :

أ) يجب معايرة جهاز الضغط الهيدروليكي قبل التجربة ويضاف إلى الحمل الذي بينه الجهاز مقدار ووزن لوح التحميل ووزن الجهاز نفسه للحصول على حمل الاختبار .

ب) عند كل مرة تحميل بحسب الهبوط مناظر لحمل الاختبار وهو الهبوط الذي يكون عنده معدل الهبوط مساوياً ٠,٢ مم لكل دقيقة .

ج) ترسم العلاقة بين عدد مرات التحميل وقيمة الهبوط عند كل حمل . كما يمكن رسم منحنى مناظر لعدد مرات التحميل وقيمة الهبوط المتبقية .

و) تحسب مما سبق قيمة الإجهاد عند أي قيمة للهبوط وتؤخذ في العادة عند ١,٣ مم بعد عشر مرات من تكرار التحميل ، وبحسب معامل رد فعل طبقة الأساس ويكون في هذه الحالة مساوياً :

$$K_s = \frac{P}{S}$$

حيث :

K_s = معامل رد فعل طبقة الأساس (كجم/سم^٢) .

P = الإجهاد (كجم/سم^٢) .

S = الهبوط (سم) .

ملاحظات :

أ) في حالة التربة غير المتاسكة (الرملية) أو المتاسكة (الطينية) يجب إجراء التجربة مرتين على الأقل للتأكد من توافق النتائج ولكن في حالة التربة الرملية يزداد عدد الاختبارات إلى ثلاث مع استخدام ألواح أبعاد مختلفة وتكون الألواح بنفس الشكل (مستديرة أو مربعة) .

اللازم لقوى تحمل التربة في الموقع وقيم هبوط أصغر من الواقع وذلك لعدم إدخال تأثير الطبقة الضعيفة في الاعتبار .

هـ) لا تبين نتائج اختبار التحميل قيم الهبوط الناتج عن تدعيم التربة نظراً لقصر زمن إجراء التجربة . مع العلم أن هذا الشق من الهبوط هو الغالب في حالة الطبقات المتناسكة .

و) يجب ألا ينقصي زمن طويل بين الحفر وبين إجراء الاختبار ويجب حماية الحفرة من الأمطار ومن التغيرات في المحتوى المائي للتربة .

ز) يمكن تعرض اللوح لضغط بسيط حوالى ٠,١ كجم/سم^٢ ثم إزالته قبل إجراء الاختبار الأساسى وذلك في حالة عدم استواء قاع الحفر .

ح) يجب الاهتمام بالألّا يتعرض اللوح للانحراف أو الانحناء عند تحميله .

ط) يجب حماية أجهزة قياس الهبوط من أشعة الشمس .

ب) يلاحظ أن منسوب المياه الجوفية أثراً كبيراً في تحديد قيم قوى تحمل التربة ولذلك يجب إجراء اختبار التحميل عند منسوب المياه الجوفية إذا كان هذا المنسوب في حدود ١ متر أسفل منسوب التأسيس .

ج) يجب عمل برنامج اختبارات في الموقع للتأكد من المعلومات المستنتجة من تجارب التحميل وذلك بعمل جسات ومجسات حتى أعماق كافية ومتناسية مع نوع الأساسات المستخدمة .

و في حالة طبقات التربة التي تتغير خواصها تغيراً سريعاً نسبياً فإن استخدام اختبارات التحميل لتقدير الهبوط يعتبر في هذه الحالة غير مناسب ويجب حساب الهبوط باستخدام نتائج الاختبار معملية (أو أي اختبارات حقلية مناسبة) على عينات غير مقلقلة من طبقات التربة المختلفة .

د) في حالة وجود طبقة سطحية قوية نسبياً ولكنها طبقة ضعيفة فإن نتائج اختبار التحميل سوف تعطي قيمة أكبر من

الجزء
الثاني

الأساسات السطحية والعميقة

مقدمة

الجزء الثاني

الأساسات السطحية والعميقة

الأساسات السطحية Shallow Foundation

الأساس هو حلقة الاتصال بين المنشأ والتربة التي تحمل هذا المنشأ والأساس مسئول عن نقل أحمال المنشأ بطريقة آمنة إلى التربة بحيث لا ينتج عن هذه الأحمال تحرك ضار للتربة أسفل الأساس أو حوله وتمثل الأساسات السطحية القطاع الأكبر للأساسات وتنقسم الأساسات السطحية إلى ثلاثة أبواب :

الباب الأول : ويشمل اعتبارات لبعض الحالات الخاصة للأساسات ويتكون من الأحمال الميتة والحية ، وتخفيض الأحمال الإضافية وقوة تحمل التربة وملاحظات عامة على التأسيس وأنواع التربة ذات المشاكل وخصائصها وطريقة تثبيت التربة .

الباب الثاني : ويشمل التأسيس على الصخر ، التقسيم العام للصخور ، وقدرة تحمل الصخور ، التأسيس في حالة وجود الصخر على سطح الأرض أو قريب منها والتأسيس السطحي لفننق المقطم على الصخر .

الباب الثالث : ويشمل على جميع أنواع القواعد المشتركة لثلاثة أعمدة أو عامودين أو عامودين أحدهما ملاصق للجدار سواء أكانت القاعدة مستطيلة أو شبه منحرف أو كمرية بين العامودين أو بدونها ، القواعد الكابولية rectangular mono-cantilever أو strap footing والأساسات الشريطية والأساسات المستمرة سواء أكانت لبشة عادية أو على كميرات وبلاطات أو بنظام الكميرات الرئيسية والكميرات الثانوية

والبلاطات ، وقد تم حل أربعة عشر مثال كامل بالرسومات التنفيذية ووسيلة الإيضاح مع شرح واف بطريقة استعمال أى نوع ومدى صلاحيته من ناحية التربة والمنشأ الخرساني .

الباب الرابع : الأساسات العميقة :

تستعمل الأساسات العميقة في حالة عدم إمكانية اختيار الأساس السطحي لتواجد طبقات سطحية أو أعماق محدودة ذات صفات ميكانيكية سيئة كأن تكون شديدة الانضغاط أو ذات مقاومة قليلة القص أو لعدم أحمال غير عادية تحتاج إلى مقاومة كبيرة مثل أحمال الأبراج والكبارى أو وجود أحمال جانبية كبيرة في هذه الحالات يجب استعمال الأساسات العميقة .

ويشمل على جميع أنواع الخوازيق المستخدمة بمجمهورية مصر العربية وعددها أربعة عشر سبعة منهم خوازيق تنصب مكانها وتعتمد على الدق وسبعة أخرى لا تعتمد على عملية الدق بخلاف الخوازيق الخشبية وخوازيق الصلب المرغلة وقدرة تحمل الخوازيق وقدرة تحمل الخوازيق بالصيغة النظرية في جميع أنواع التربة والصيغ الديناميكية الخاصة بالخوازيق المنشأة بالدق والمعادلة الموجبة لتحليل بيانات دق الخوازيق واختيارات التحميل وهبوط الخوازيق والاستبدال الاهتزازى للتربة الطينية والرملية والقيسونات بجميع أنواعها والدعائم ومشروع نافورة النيل . والله الموفق

اعتبارات لبعض الحالات الخاصة للأساسات

الباب الأول

سبق أن تكلمنا في الموسوعة الهندسية للمواصفات والتصميمات ومعدلات المواد والعمالة لإنشاء المباني والمرافق العامة وكذلك في الجزء الأول من المنشأة المعمارية عن بعض الأساسات ولكن أطلب من الله التوفيق عن لقاء الضوء على بعض المعلومات المهمة باختصار والتي تأخذ في الاعتبار قبل البدء في شرح التفاصيل الدقيقة لتصميم بعض الحالات الخاصة للأساسات وتنحصر في الآتي :

أولاً : الأحمال :

(أ) لمعرفة قيمة الأحمال الميتة لمواد البناء التي يتكون منها المنشأ وأيضاً الأحمال الحية التي تؤخذ في الاعتبار لأنواع المختلفة من المنشأ حسب الجداول الآتية :

(١) الأحمال الدائمة :

المادة	كجم / م ^٢	المادة	كجم / م ^٢
أولاً : مواد البناء :		الفيرومكوليت المنقوش	٦٠ - ٢٠٠
الحرسانة :		الرماد المتطاير	٦٠٠ - ١١٠٠
خرسانية عادية	٢٢٠٠	الماء	١٠٠٠
خرسانية مسلحة	٢٥٠٠	إضافات الحرسانة :	
خرسانية خفيفة	١٠٠٠ - ٢٠٠٠	(سائلة) أو مسحوق	١٠٠٠ - ١١٠٠
خرسانية مهواة	٦٠٠ - ٩٠٠	أحجار البناء :	
خرسانية ثقيلة	٢٥٠٠ - ٥٥٠٠	(أ) صخور نارية	٢٨٠٠
خرسانية بركام البازلت	٢٣٠٠ - ٢٥٠٠	جرانيت	٣٠٠٠
خرسانية بركام الفيرن العالي	١٦٠٠ - ١٩٠٠	بازلت (ديوريت - جابرو)	٢٤٠٠
خرسانية بركام الطون الملد	٧٠٠ - ١٧٠٠	بازلت (بركاني)	٢٦٠٠
خرسانية عازلة ذات فراغات	٣٠٠ - ٦٠٠	الشيس	
الأسمنت		ب (صخور رسوبية :	
أسمنت (سائب)	١١٠٠ - ١٢٠٠	الحجر الجيري	٢٧٠٠
كلنكر الأسمنت	١٥٠٠ - ١٨٠٠	الرخام	٢٨٠٠
الركام :		الحجر الرملي	٢٧٠٠
زلط	١٧٠٠	ج (صخور متحولة :	
رمل	١٥٠٠	الأردواز	٢٨٠٠
غيبث الأفران العالية :		الجنييس	٣٠٠٠
مبرد بالمهواء	١٧٠٠	السربنتين	٢٧٠٠
محبب	١٢٠٠	الرخام	٢٧٠٠
ركام الليكا (الطون الملد)	٢٠٠ - ٩٠٠	طوب البناء :	
الحجر الخفاف	٣٥٠ - ٦٥٠	طوب أحمر	١٦٠٠ - ١٨٠٠
		طوب مفرغ	١٤٠٠

المادة	كجم / م ^٢	المادة	كجم / م ^٢
طوب جبرى رمل مصمت	١٨٥٠	متوسطة الصلابة	٨٥٠ - ٦٠٠
خفيف الوزن	٨٠٠ - ٧٢٠	عازل ذو فراغات	٤٠٠ - ٢٥٠
طوب حراوى للأغراض المختلفة		خشب ذو فراغات	٤٠٠ - ٢٥٠
طين حرارى	١٨٥٠	خشب أبلكاش مضغوط	٨٥٠ - ٧٥٠
سليكا	١٨٠٠	ألواح ذات قلب خشبى	٦٥٠ - ٤٥٠
منجنيزيت	٢٨٠٠	مواد بناء أخرى	
كروم - منجنيزيت	٣٠٠٠	أسستوس	٨٠٠
كورنديم	٢٦٠٠	ألواح الأسستوس الأسمتى المتموجة	١٦٠٠
طوب مقاوم للأحماض	١٩٠٠	ماسورة أسستوس أسمتى	١٨٠٠
طوب زجاجى	٨٧٠	سيلتون	١٢٠
بلوكات البناء :		تربة جافة	١٧٠٠
بلوكات خرسانية	١٩٠٠ - ١٤٠٠	تربة مبتلة	٢٠٠٠
بلوكات خرسانية مفرغة	١١٥٠	أرضية مطاط	١٨٠٠
بلوكات خرسانية ركام الليكا	٨٠٠ - ٦٠٠	أسفلت	٣٢٠٠
بلوكات جيسية	٩٥٠	بيتومين	١٤٠٠ - ١٠٠٠
الجبر :		قار	١٤٠٠ - ١١٠٠
مسحوق الحجر الجبرى	١٣٠٠	بلاط أسمتى	٢٤٠٠
كتل الجبر المكلسة	١٣٠٠ - ٨٥٠	بلاط موزايكو	٢٢٠٠
كتل الجبر مطحونة	١٣٠٠ - ٦٠٠	رائنج الأيوكس :	
الجبر المكلس المطفى	١١٠٠	بلون مواد مائلة	١١٥٠
الجبس	١٠٠٠ - ٨٠٠	بمواد غلزية	٢٠٠٠
المونة :		مع الفيرجلاس	١٨٠٠
مونة الأسمنت	٢١٠٠	بلاط بلاستيك	١١٠٠
مونة الجبر	١٨٠٠	رائنج بوليستر	١٣٥٠
مونة الأسمنت والجبر	١٨٠٠ - ٧٥٠	بوليثيرين	٩٣٠
مونة البيتومين بالرمل	١٧٠٠	ألواح ب . ف . س الصلدة	١٤٠٠
مونة الجبس	١٨٠٠ - ١٤٠٠	ألواح ب . ف . س للأرضيات	١٦٠٠
الخشب ومنتجاته :		بلاط ب . ف . س للأرضيات	١٧٠٠
(مجفف بالهواء - رطوبة ١٥%)		فيرجلاس	١٨٠ - ١٦٠
أ) خشب صلب		صوف زجاجى	١١٠ - ١٠٠
زان	٦٨٠	صوف خشبى	٣٠٠ - ٢٠٠
قرور	٦٩٠	فلين	٦٠
ب) خشب طرى		مصيص	١٥٠٠ - ١١٠٠
بيتش باين	٥٧٠	ألواح زجاج	٢٥٠٠
خشب أبيض	٤٠٠	زجاج بالسلك	٢٦٠٠
ج) ألواح من ألياف خشبية		زجاج أكلريليك	١٢٠٠
صلدة	١١٠٠ - ٩٠٠	بالات الكتان	٦٠٠
		أكوام الجلد	١٠٠٠ - ٩٠٠

المادة	كجم / م ^٢
كادميوم	٨٦٥٠
ذهب	١٩٣٠٠
منجنيز	٧٢٠٠
بلاتين	٢١٣٠٠
تنجستين	١٩٠٠٠
فاناديوم	٥٦٠٠

ثالثاً : الوقود :

الفحم القلزي	١٢٠٠ - ٩٠٠
فحم الكوك	٦٥٠ - ٤٥٠
فحم نياقي	٢٥٠
تراب الفحم	٧٠٠

الزيوت	
زيت الديزل	١٠٠٠ - ٨٠٠
زيت خام	٩٨٠
جازولين	٨٠٠ - ٧٥٠
بترول	٨٠٠

غازات سائلة :

بروبين	٥٠٠
بيوتين	٥٨٠

الخشب :

خشب صلد قطع	٦٠٠ - ٤٠٠
خشب قطع	٢٥٠
خشب صلد كل	٥٠٠
خشب الحريق	٤٠٠
خشب كتل	٣٠٠

رابعاً : السوائل :

طلاء الزيت معلبة أو صناديق	١١٠٠
جليسرين	١٢٥٠٠
اللين	
في خزانات	١٠٠٠ - ٩٥٠
في علب	٨٥٠
في زجاجات	٧٠٠

المادة	كجم / م ^٢
الورق	
في أكوام	١٢٠٠
في لفات	١١٠٠
المطاط :	
ملفوفة لمواد الأرضيات	١٣٠٠
خام بالات	١١٠٠
الصوف	
في بالات	٧٠٠
مضغوط في بالات	١٣٠٠

ثانياً : المواد المعدنية :

صلب	٧٨٥٠
حديد زهر	٧٢٥٠
ألومنيوم	٢٧٠٠
رصاص	١١٤٠٠ - ١٢٠٠٠
رصاص أحمر (مسحوق)	٨٠٠٠
نحاس أصفر	٨٣٠٠ - ٨٥٠٠
نيكل	٨٩٠٠
زنك مدلفن	٧٢٠٠
مغنسيوم	١٨٥٠
باريوم	٣٥٠٠
كوبالت	٨٧٠٠
فضة	١٠٥٠٠
مولبدنيم	١٠٢٠٠
تيتانيوم	٤٥٠٠
يورانيوم	١٨٧٠٠
زركونيوم	٦٥٣٠
حديد مطاوع	٧٨٥٠
حديد خام	٣٠٠٠
سلك ألومنيوم	٢٨٠٠
رصاص أبيض (مسحوق)	٩٠٠٠
نحاس	٨٧٠٠ - ٨٩٠٠
برونز	٨٤٠٠ - ٨٥٠٠
زنك مصبوب	٦٩٠٠
صفيح مدلفن	٧٢٠٠ - ٧٤٠٠
أنتيمون	٦٦٢٠

المادة	كجم / م ^٢	المادة	كجم / م ^٢
العسل		أرز شعر (غير مقشر)	٥٠٠
في خزنات	١٣٢٠٠	أرز في عبوات	٦٥٠
في علب	١٠٠٠	ملح في أكوام	١٠٠٠
في زجاجات	٦٠٠	ملح في عبوات	١١٢٠
حامض الهيدروكلوريك		نشا في عبوات	٨٠٠
(٤٠ ٪ بالوزن)	١٢٠٠	بن في عبوات	٧٠٠
حامض النتريك (٩١ ٪ بالوزن)	١٥٠٠	صابون بودرة في عبوات	٦١٠
حامض الكبريتيك (٣٠ ٪ بالوزن)	١٤٠٠	قمح	٩٠٠ - ٨٠٠
		دقيق في عبوات	٥٠٠
		قش مخزم في بالات	١٧٠

خامساً : مواد غذائية :

ومنتجات زراعية :

سادساً : مواد أخرى :

المادة	كجم / م ^٢	المادة	كجم / م ^٢
الزبدة		كتب وسجلات في أكوام	١١٠٠ - ١٠٠٠
في برميلات	٥٥٠	ثلج على هيئة بلوكات	٩٠٠ - ٨٥٠
في علب أو صناديق	٨٠٠ - ٥٠٠	نسيج - أثواب	١١٠٠
سكر محبب		سليولوز بالات	٨٠٠
في غلاف ورق	٦٠٠	بالات الأقمشة	١٣٠٠ - ٧٠٠
في عبوات كبيرة	٨٠٠	بالات اللباد	٥٠٠
سكر كتل في غلاف ورق	٦٠٠	بالات القنب	٤٠٠
في صناديق	٧٠٠	بالات الجوت	٧٠٠
شاي باكوات	٤٠٠		
بيض في أوراق حاملة	٥٥٠		
كاكاو في عبوات	٥٥٠		
دهون في صناديق	٨٠٠		
سمك في براميل	٦٠٠		
سمك معبأ	٨٠٠		
فاكهة في الصناديق	٤٠٠ - ٣٥٠		
فاكهة مخزنة قطع	٧٠٠ - ٥٠٠		
تبن مخزن بالات	٢٠٠ - ١٥٠		
أذرة	٤٥٠		
زبدة صناعي في صناديق	٧٠٠		
زبدة صناعي في براميل	٥٥٠		
لحوم مجمدة	٧٠٠ - ٤٠٠		
بصل في عبوات	٥٥٠		
مخللات في عبوات	٧٠٠		
مشروبات في زجاجات داخل صناديق	٨٠٠		

الأحمال الإضافية غير الديناميكية (الأحمال الحية)

الحمل كجم / م	نوع المنشأ
١٠٠	أ) أسطح نهائية :
٥٠	أفقية لا يوصل إليها (غير مستخدمة)
٢٠٠	مائلة (زاوية الميل أكثر من ٢٠) لا يوصل إليها (غير مستخدمة)
٤٠٠	أفقية أو مائلة يوصل إليها في مباني سكنية
٤٠٠	أفقية يوصل إليها في مباني عامة
٠	ب) المباني السكنية :
٢٠٠	غرف سكنية
٣٠٠	سلام
٣٠٠	بلكنونات
٣٠٠	ج) المباني الإدارية :
٤٠٠	غرف مكاتب
٤٠٠	سلام
٤٠٠	بلكنونات
١٠٠٠ - ٥٠٠	أرشيف (أوراق ومستندات تحت الحفظ)
٣٠٠	د) المستشفيات :
٤٠٠	غرف علاج المرضى
٤٠٠	سلام طرقات
٤٠٠	بلكنونات
٤٠٠	عنابر علاج المرضى
٥٠٠ - ٣٠٠	غرف الجراحة
٨٠٠ - ٥٠٠	غرف الأشعة
٣٠٠	هـ) المدارس :
٤٠٠	فصول تعليمية
٤٠٠	سلام وطرقات
٥٠٠	معامل
٥٠٠	مكتبات
٥٠٠	صالات رياضية
٥٠٠	و) القاعات والصالات :
٦٠٠	القاعات والصالات ذات المقاعد الثابتة
٥٠٠ أو أكثر	القاعات والصالات ذات المقاعد غير الثابتة
١٠٠٠ أو أكثر	ز) محلات البيع بالقطاعي :
	محلات البيع بالجملة والمخازن (حسب نوع المواد المخزنة والآلات)

الحمل كجم / م ^٢	نوع المنشأ
٢٠٠	حـ (الفنادق غرف النزلاء
٤٠٠	غرف للخدمة العامة
٤٠٠	السلام والطرق
٤٠٠	غرف الطعام والمطاعم
٤٠٠	ط (المكتبات :
١٠٠٠	غرف الاطلاع غرف الحفظ للكتب
	ل (الورش: يجب حساب الأحمال طبقاً لاستخدام المبنى بالإضافة إلى التأثير الديناميكي لاهتزاز الماكينات الذي يجب أن يوضع في الاعتبار
	م (الجراجات :
٣٠٠	جراجات لعربات الركوب على ألا يزيد الارتفاع الصافي عند المداخل عن ٢,٤ م
٤٠٠	جراجات لعربات الركوب والعربات السياحية والأتوبيسات
٥٠٠	المرات للجراجات المذكورة

تخفيض الأحمال الإضافية في الأبنية متعددة الطوابق :

- (١) لا يسمح بالتخفيض للمباني المعدة للسكن أو الفنادق إذا كان عدد الطوابق لا يزيد على خمسة أو إذا كانت الطوابق المستعملة دكاكين أو أماكن تجارية أو مستودعات أو مخازن أو مشاتل أو مدارس أو أماكن عامة .
- (٢) في الأبنية المعدة للسكن ذات الطوابق (أكثر من ٥) وفي حالة تحميلها بأحمال إضافية متساوية على ألا يكون هناك شروط يفرض الأحمال الإضافية القصوى على جميع الطوابق ، في نفس الوقت يراعى في حساب الأحمال على نقاط الارتكاز كالخضبان والأعمدة والأساسات ، والجدول التالي يبين تخفيض الأحمال الحية عند كل دور والرموز بقيمة الحمل الحى بالرمز (P) حيث تمثل الحمل الإضافي :

موقع السقف	قيمة الحمل الإضافي
السقف الأعلى أو السطح	P
السقف الأول تحت السطح	P
السقف الثاني تحت السطح	0.9P
السقف الثالث تحت السطح	0.8P
السقف الرابع تحت السطح	0.7P
السقف الخامس تحت السطح	0.6P
السقف السادس تحت السطح	0.5P

ويحتفظ بمعامل التخفيض (0.5P) لكل من الطوابق الباقية .

- جـ (وزن الأحمال الميتة للأساسات نفسها يجب أن تضاف إلى المنشأ المقام على الأساس لاستنتاج الحمل الذي سيؤثر على التربة ، أحمال الأساس يتغير تبعاً لتغير المواد التي يتكون منها ، وذلك طبقاً للجدول التالي وهو تقريبي .

مواد الأساس	احمال المنشأ W	احمال الأساس الواجب إضافتها وهي نسبة من أحمال المنشأ W
خرسانة عادية	W	١٢٪ إلى ١٥٪ W
قطاعات خشبية	W	٣٪ إلى ٥٪ W
قطاعات حديدية	W	٨٪ إلى ١٢٪ W
خرسانة مسلحة	W	٨٪ إلى ١٢٪ W

ثانياً : قوة تحمل التربة :

قوة تحمل التربة يعتمد على تكوينها على تحديد خواص التربة ، عمق الحفر ، كمية الرطوبة التي تحتويها ، ولذلك فإن تحقيقه يكون شامل المتغيرات السابق ذكرها ويجب أن تحدد قبل اتخاذ القرار على نوعية الأساس - الاختبارات مهمة جداً طبقاً لطبيعة المنشأ وطبيعة التربة وأهمية تكوينها وتتحصر في الآتي :

(أ) عناصر الاستكشاف التي تعتمد على حد كبير على المشروع المراد إقامته ، ولكنه يجب أن يشتمل توفير ما يلي .

(١) معلومات عن نوع الأساس سطحي أو عميق .

(٢) معلومات تمكن مهندس ميكانيكا التربة من تحديد قدرة تحمل التربة أو وحدة الأساس .

(٣) معلومات كافية لتقدير الهبوط .

(٤) منسوب المياه الجوفية .

(٥) معلومات لتحديد كيفية الحفر والسند وتصميم الساتر

اللوحي وطريقة نزح المياه .

(٦) معلومات عن المشاكل المحتملة مثل هبوط أو تشرخ المنشآت المجاورة .

(٧) تحديد مشاكل التلوث والتأثير على البيئة المحيطة .

* هذا بالإضافة إلى معرفة سمك الطبقات التي ستركز عليها المنشأ والاختلاف الكبير بين هذه الطبقات ونوعية التربة التي سيتم التأسيس عليها وذلك طبقاً للجدول التالي :

وهنا يصبح الوزن الكلي $\frac{W}{A}$ =
مساحة الأساس $\frac{W}{A}$ =

جهد التربة

وهناك قانون محدد للمنشآت الخرسانية المسلحة

$$\bar{W} = \frac{W}{1 - \gamma_g \cdot D_f / q_{all}}$$

حيث :

\bar{W} = الحمل الكلي الواقع على التربة بعد إضافة وزن الأساس .

W = الحمل الكلي للمنشأ .

γ_g = متوسط وزن القاعدة للخرسانة والأتربة ويساوي ٢ طن / م^٣ تقريباً .

D_f = عمق الحفر من سطح الأرض الطبيعية .

q_{all} = الإجهاد الخالص المسموح به على التربة .

تحديد أقل عمق للحفر للأساسات .

ويمكن تحديد العمق الخاص بالحفر للأساسات من القانون الآتي :

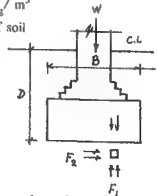
$$D = \frac{F_1}{W_1} \left\{ \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \right\}^2$$

where

$F_1 = w$ (weight of superstructure/ \bar{m}) + B kg/ m^2

$W_1 =$ weight of soil kg/ m^3

ϕ = angle of repose of soil



رسم مبين طريقة عمود الحفر

نوع المادة	الوصف	قدرة الحمل بأمان لكل كجم / سم ^٢
الصخر	الصخر عملياً غير قابل للضغط وآمن جداً ضد الهبوط وعامة يكون التأسيس مستقر على الصخر عندما يكون سمكه ٣ أمتار وفي طبقات أفقية .	من ٥ إلى ٢٠٠ كجم / سم ^٢
الزلط	الزلط عملياً غير قابل للضغط ولا يتأثر بالعوامل الجوية الزلط عندما يكون غير قابل للتفكك والانتشار يكون أحسن أنواع الأساسات .	من ٥ إلى ١٠ كجم / سم ^٢
الرمل	(١) الرمل الخشن أو كان مذكوكاً وجافاً وغير قابل للتفكك والانتشار .	من ٣ إلى ٥ كجم : سم ^٢
	(٢) رمال نظيفة وجافة	من ٢ إلى ٤ كجم / سم ^٢
	(٣) رمال متحركة وسريعة الانتشار يجب عدم الاعتماد عليها .	من ٥ إلى $\frac{٣}{٤}$ كجم / سم ^٢
	(٤) عموماً إذا كان سمك طبقة الرمال ٤ متر ومضغوط ومذكوك ورطب يصبح متاسكاً	من ٢ إلى ٣ كجم / سم ^٢
	(٥) أو كان الرمل يكون أقل تماسكاً عن تعرضه للمياه الجوفية .	من ١ إلى ٢ كجم / سم ^٢
الطين	لطبقة سمكها ٤ متر :	من ٢ إلى ٣ كجم / سم ^٢
	(١) بني اللون يتماسك وجاف دائماً	من ٢ إلى ١,٥ كجم / سم ^٢
	(٢) بني اللون متماسك ومتوسط الجفاف	١ كجم / سم ^٢
	(٣) لين ورطب	أقصى $\frac{١}{٢}$ كجم / سم ^٢
طين (روبة)	ليس له قوام وغير متماسك	

✱ هناك طريقة أخرى وهي الحصول على معلومات عن طبيعة الأرض المرغوب التأسيس عليها وهي السؤال والتقصي عن ما تم معرفته من التأسيس للمباني المجاورة ، وهذه الطريقة أيضاً ليست مرضية ، لأن التربة تختلف أيضاً في المسافات القصيرة خاصة وإن طبقات الأرض تأتي إحداها فوق الأخرى ، ولكن هذه الطريقة للاستدلال فقط .

✱ في المباني الهامة لا بد من عمل اختيارات لتقطع الشك باليقين وتتلخص في :

- (١) قوة تحمل التربة التي ستقام عليها الأساسات .
- (٢) عمق الأساس .
- (٣) التكوين الجيولوجي للطبقات المختلفة وتم شرحها باستفاضة لجميع الاختبارات (بالجزء الأول) دراسة الموقع .

ثالثاً : والجدول الآتي يبين أنواع التربة المختلفة ومقدار الجهد الواقع عليها :

جهد الضغط كجم / سم ^٢		نوع التربة
إلى	من	
٥٠	٢٥	أرض مردومة من فترة طويلة
١٠٠	٧٥	أرض طينية متوسطة المقاومة (تربة رطبة)
١٢٥	١٠٠	أرض زراعية طينية مبلولة (تحت مياه الرشح)
—	٢٠٠	أرض صفراء مندرجة جيداً وجافة
—	٤٠٠	أرض سوداء صلبة متاسكة وجافة
—	٢٠٠	أرض سوداء
—	١٥٠	أرض سوداء صلبة متاسكة وجافة
—	١٥٠	أرض طينية مبللة
—	١٠٠	أرض طمي النيل
٤	٢٠٠	أرض رملية حرشة جافة أو رطبة
٣	٢٠٠	أرض حصى ورمل غير مندرجة جيداً
—	٤٠٠	أرض حصى ورمل مندرجة في بعضها
٤	٣٠٠	أرض حصى غليظ
٤٠٠٠	٢٠٠٠	أرض صخور وأحجار
—	١٥٠٠	أرض رمل وزلط متحجر (بلمة)

أما إذا كانت الطبقة المطلوب التأسيس عليها مرتكزة على طبقة أخرى أقل صلابة وجهداً فيجب ألا يقل سمك طبقة التأسيس المذكورة عما هو موضح بالجدول الآتي حتى يمكن استعمال الجهود المبينة في الجدول السابق فإذا ما قلت الطبقة الصلبة عن السمك بالجدول الآتي فيستعمل الجهد المسموح به في الطبقة السفلى الأقل صلابة وجهداً .

أقل سمك مطلوب بالتر		نوع طبقة التأسيس
إلى	من	
٣٠٠٠ م	٢٠٠٠	الطبقات الحجرية أو الصخرية الصلبة
٤٠٠٠ م	٣٠٠٠	الطبقات الطينية أو الطفالية الجافة
٤٠٠٠ م	٣٠٠٠	طبقات الزلط المنموج
٦٠٠٠ م	٤٠٠٠	الطبقات الرملية الغير منتظر تعرضها لتيارات مائية سفلية

ملاحظات عامة على التأسيس :

قبل البدء في عمل الأساسات تزال من الموقع جميع المواد العفنة أو العضوية أو البقايا الحيوانية أو النباتية ، لأن هذا يؤثر على الأساسات الجديدة أو على صحة العمال أو على مكان هذه المنشآت في المستقبل .

إذا كان بالموقع أى أساسات أو مباني قديمة فيجب إزالتها تماماً لتلاقي التأسيس في مبنى واحد على أساسات قديمة في بعض أجزائه وأخرى حديثة في الأجزاء الباقية . أما إذا تحتم التأسيس على الأساسات القديمة في جزء من المبنى وبعد التأكد التام من سلامة هذه الأساسات فيمكن البناء فوقها على أن تفصل تلك الأجزاء المقامة على الأساسات القديمة عن باقي المبنى بعمل فواصل هبوط .

يجب أن يكون الأساس مركزاً على طبقة متجانسة في جميع أجزائه ، ولا يجوز التأسيس على أنواع مختلفة من التربة يجب عمل فواصل هبوط بين تلك الأجزاء وبعضها .

يجب أن يكون توزيع الأحمال على الأرض تحت الأساسات منتظماً تماماً بحيث يكون جهد الضغط واحداً في جميع أجزاء المبنى على نوع الواحد من التربة .

إذا كان أى جزء من المبنى يتعرض لقوى جانبية أو لا مركزية من أى نوع فيجب مراعاة ذلك في تصميم وإنشاء كل جزء من المبنى لضمان تحمل هذه القوى ونقلها بأمان إلى طبقة الأرض الأصلية بدون أن تتعدى الجهود المسموح بها للمواد أو الضغوط على الأرض وللاحتكاك ، فإذا كانت قوى الاحتكاك بين الأساس وطبقة الأرض لا تكفي لضمان سلامة المبنى ضد الحركة الجانبية يتخذ الاحتياط اللازم بقد ستائر حول الأساسات أو ربطها إلى أجزاء ثابتة أو بأى طريقة أخرى .

إذا كان الموقع الذى سيقام عليه المبنى مرتفع ونجاور مباشرة أو على مسافات قريبة منه أرض منخفضة انخفاضاً كبيراً بحيث تكون أساسات المبنى الجديدة أعلى من سطح الأرض المنخفضة فيجب الاحتياط من هروب أو تحرك تربة الأرض تحت الأساسات ، وذلك بقد ستائر أو عمل حوائط سائدة حول الموقع من جهة تلك الأرض إذا كان بطبقة الأرض التى سيقام عليها المبنى ميل طبيعى كبير .

يعتبر عمق الأساس قريباً من سطح الأرض إذا وجدت الطبقة الصالحة للتأسيس على عمق غايته متران ويعتبر العمق متوسطاً للغاية ٥ متر ويعتبر العمق كبيراً لأكثر من ذلك ويتمتع نوع الأساس تبعاً لذلك كما سيأتى ذكره .

جدول يبين معامل الانتفاش لأنواع التربة المختلفة :

معامل الانتفاش	وزن المتر المكعب	نوع التربة
١٧ -	١٣٠٠	طينية جافة
٢١ -	١٧٠٠	طينية ما بين جافة ومبتلة
٢٤ -	١٩٠٠	طينية مبتلة
١٢ -	٢٠٠٠	رملية جافة
١١ -	٢٢٥٠	رملية مبتلة
١٢ -	١٩٠٠	زلطية جافة
١١ -	٢٠٠٠	زلطية مبتلة
٢٠ -	١٨٠٠ - ١٣٠٠	طمي
٢٠ -	٢٢٠٠ - ١٨٠٠	طمي متناكس
٢٠ -	١٧٠٠	طفلية
٦٦ - ٧٩ -	٢٦٠٠	أحجار جيرية
٣٥ -	٢٤٠٠ - ١٢٠٠	صخور مكسرة

ونظراً لحاجتنا لمعرفة أوزان التربة المختلفة وزوايا الميل الطبيعي يستعمل الجدول التالي .

جدول يوضح أوزان أنواع التربة المختلفة وزوايا الميل الطبيعي بالدرجة

المادة	الوزن كجم / م ^٣	زاوية الميل الطبيعي بالدرجة
أتربة مردومة	١٥٠٠	٣٧
انقراض ناعمة من هدم المباني	١٥٠٠	٥٠
رمل جاف	١٧٠٠	٣٥
رمل رطب مذكوك	١٩٠٠	٣٢
رمل مشبع بالماء المذكوك	٢١٠٠	١٦ - ٢٤
طينة مشبعة بالماء المذكوك	١٦٠٠ - ١٨٠٠	٤٨
طينة زراعية جافة	١٨٠٠ - ١٩٠٠	٤٥
طينة زراعية مشبعة بالماء	١٩٠٠ - ٢٠٠٠	١٧ - ٢٠
أرض طفلية جافة	١٧٠٠	٥٠
أرض طفلية رطبة	١٩٠٠	٤٥
أرض طفلية مشبعة بالماء	١٩٠٠	١٥
زلط رقيق	١٨٠٠	٣٨ - ٤٥
زلط مخلوط برمل	٢٣٠٠	٢٦ - ٣٥
زلط مخلوط بطفل	٢٣٠٠	٣٨
طيني نيل	١٧٥٠	٣٥

رابعاً : والجدول التالي يبين جهد الاحتكاك لأنواع التربة المختلفة للتربة على محيط الخوازيق التي تعمل بجهد الاحتكاك .

أنواع التربة	الجهد كجم / سم ^٢ مساحة محيط الخوازيق
طيني وطنين لين	٠,٨ إلى ١,٥ %
طيني مذكوك	٠,٦ إلى ١,٧ %
طيني طين + رمل رقيق	٢ إلى ٤ %
رمل + طين رقيق	٢٥ إلى ٥٠ %
رمل	٣ إلى ٩ %

خامساً : التربة ذات المشاكل :

أ - تعريف التربة ذات المشاكل :

هي التربة التي تسبب مشاكل إضافية من وجهة النظر الهندسية نتيجة لظروف تكوينها أو التغير في الظروف البيئية المحيطة . وتوجد أنواع كثيرة من هذه التربة ولكن سنقوم بالعرض المفصل لأكثر الأنواع انتشاراً بمصر وهي .

(ب) التربة القابلة للانتفاخ .

تعرف التربة القابلة للانتفاخ على أنها التربة التي تعطى نسبة

انتفاخ عالية عند امتصاصها للماء كما أنها تعطى نسبة انكماش عالية عند خروج الماء منها . وتتوقف نسبة الانتفاخ على زيادة الكثافة الجافة وزيادة نسبة الطين خاصة الطين ذو الفاعلية العالية مثل معدن المونتوريلينيت وكذلك انخفاض نسبة الرطوبة الطبيعية .

ومن خصائص هذه التربة أنها صلبة وتحتل قيمة عالية لمقاومة القص وذلك في حالتها الجافة الابتدائية - أما في حالتها الرطبة فإنها تفقد تلك الخاصية بوضوح .

التربة القابلة للانحيار :

المارل : marl

وهو حجر طيني جبرى وعادة تزيد نسبة كربونات الكالسيوم به عن ٣٥٪ ومن الشائع في مصر أن يطلق على جميع الأنواع السابقة « تربة طفلية » وينصح من أجل التحديد أن يطلق عليها « طين طفلى » حسب مكوناته .

جـ - أنواع التربة القابلة للانحيار :

اللوس : loess

هى تربة خاصة من أنواع التربة المترسبة بالهواء والتي تنتشر في معظم أنحاء العالم وتوصف بأنها عبارة عن تجميع من تراب مهب الرياح وهى عبارة عن ترسيبات كتلية صخمة يصل سمكها في بعض الأحيان إلى مئات الأقدام ولا يوجد بها أى نوع من التركيب الطبقي . وتتكون معظم حبيباتها من الطمي الناتج من معادن الكوارتز والفلسبار . والكالسيت والميكال مع وجود معادن أخرى كمواد لاصقة بين الحبيبات والتي بسببها يظهر هذا التكوين على أنه صلب نسبياً في الحالة الجافة فقط ولكن سرعان ما ينهار وهذا التكوين عند تعرضه للتبلل وزيادة الحمل . ومن أهم تلك المواد اللاصقة كربونات الكالسيوم والطين . ومن الشائع في مصر أن يطلق على هذا النوع أيضاً « تربة طفلية » وينصح من أجل التحديد أن يطلق عليها « طمي طفلى » حسب مكوناته .

التربة الرملية المتناسكة :

وهى التربة ذات الحبيبات الخشنة مثل الطمي والرمل والزلط الرفيع ونسبة الفراغات بها كبيرة نسبياً . ويرجع قوة تحملها الظاهري إلى وجود مواد لاصقة بين الحبيبات مثل الجبس وكربونات الكالسيوم وأكاسيد الحديد والمواد الطينية .

ومن الشائع في مصر أن يطلق على هذا النوع أيضاً « تربة طفلية » وينصح من أجل التحديد أن يطلق عليها « رمل طفلى حسب مكوناته » .

(٣) الكثبان الرملية : sand dunes

هى أكثر الترسبات الهوائية انتشاراً والتي توجد في معظم الأحيان بالقرب من شواطئ البحار وبالقرب من الحدود ما بين الصحراء والأراضي الزراعية ومن الممكن تواجد تراكمات الكثبان الرملية على شكل التكوين الطبقي وحبيباته في معظم الأحيان مستديرة الشكل نتيجة العامل الميكانيكى للتعرية السائد في مثل هذه الظروف .

التربة الرملية السائبة : loose granular soils

وهى التربة ذات الحبيبات الخشنة ذات تركيب سائب والتي توجد في معظم الأحيان فوق منسوب المياه الأرضية وعند

تعرف التربة القابلة للانحيار على أنها التربة التي من الممكن أن تتحمل جهد قيمته عالية نسبياً مع قيمة هبوط منخفضة وذلك في حالة وجود نسبة رطوبة طبيعية منخفضة جداً وكثافة جافة منخفضة نسبياً . أما في حالة تعرض تلك التربة لكمية رطوبة مرتفعة فإنها سرعان ما تعطى قيمة هبوط مرتفعة مصحوبة بانحيار في تكوين التربة الداخلى .

ومعظم تلك التربة تتكون من رمل وطين مع نسبة صغيرة من الطين مع وجود أنواع مختلفة من المواد اللاصقة .

التربة الطينية اللينة :

تعرف على أنها التربة التي لها قيم منخفضة لمقاومة القص وفي معامل القوام كما أنها لها قيم عالية للانضغاط الثانوى وسلوك الزحف .

أنواع التربة القابلة للانضغاط :

الشيل : shale

يطلق هذا التعبير على كل الترسبات التي تحتوي على نسبة من الطين والتي توجد في حالتها الطبيعية في حالة صلابة وعلى هيئة طبقات رقيقة متتالية ومتوازية (تكوين تطابقى) من الطين الطمى والرمل مع الحبيود لأخذ صفات الطين أكثر من المكونات الأخرى .

والألوان التي توجد عليها الشيل والتي تعتمد على طبيعة حوض الترسيب وهى في معظم الأحيان الرمادى ، الأحمر ، الأصفر ، الأخضر ، أو خليط منهم .

الحجر الوحلى : mud stone

وهو حجر طيني رملى طمى في حالة متناسكة وصلبة ولا يتميز بوجود طبقات رقيقة متوازية وليس به أى تشققات طبيعية وذو تكوين حبيبي ويوجد في معظم الأحيان على هيئة كتل .

الحجر الطيني : clay stone

وهو حجر طيني طمى في حالة متناسكة وصلبة إذا تعرض للكسر عادة ما ينقسم إلى كتل غروطة غير منتظمة .

الحجر الطمى : silt stone

وهو حجر طمى طيني معظم تكوينه من الطمي في حالة متناسكة وصلبة .

(٤) الحجر الوحلى المتحول : Argillite

وهو حجر طمى رملى متحول ولكن في الحالة البدائية من المتحول ودرجة صلابته أكبر بكثير من الحجر الوحلى وهو تكوين كتلى وليس به أى صفات من التطابق .

تعرض هذا التكوين للهزات الناتجة عن الإنشاء الهندسى به ينتج عنها هبوط ذو قيمة مرتفعة .

د - أنواع التربة الطينية اللينة :

(١) الطين عادى الضباغ :

هو طين ذو قوام لين إلى متوسط وقد تضاعف عند تكوينه بتأثير وزن عمود التربة الحالى فوق هذا الطين .

ومقاومة هذا الطين اللين ضعيفة جداً وذو حساسية مرتفعة وإذا تعرض لزيادة فى الحمل تنبع هبوط ذو قيمة كبيرة على المدى البعيد .

(٢) التربة العضوية اللينة : Fibrous organic soils

وهي التي تحتوي على كمية كبيرة من المواد العضوية سواء كانت على هيئة ألياف أو على هيئة غراويات وعادة ما يكون تكوينها ضعيف وينتج عنه هبوط ذو قيمة كبيرة جداً تحت تأثير زيادة فى الحمل المؤثر . ومن أنواع البيئة الترسبية لهذا التكوين : البحيرات والمستنقعات والأنهار .

(٣) البيت (الخث) peat

وهي بقايا نباتية ناقصة ذات تكوين إسفنجى تكونت فى المستنقعات والأماكن الرطبة ولذلك يكون اللون السائد لذلك التكوين هو الأسود أو البنى القاتم .

(٤) الملك (التربة الطينية العضوية) muck

عبارة عن تربة طينية لينة معظم تكوينها من المواد العضوية المتحللة .

الطين الحساس القابل للإسالة : sensitive quick clay

يعرف على أنه الطين الذى تبلغ مقاومته للقص فى الحالة المقلقة ٢٥٪ أو أقل من تلك التى فى الحالة الغير مقلقة كما أن نسبة الرطوبة الطبيعية لمثل هذه الأنواع تكون مساوية أو أكبر من حد السيولة لها . والبيئة الترسبية لهذا التكوين هي البيئة البحرية والتكوين الحبيبي هو (تكوين طيني طمى ذو هيكل مفرغ الذى إذا خرج منه الماء سرعان ما يؤدي إلى انهيار هذا التكوين .

السبخا : Sakha

هي طين طمى يتخوى على نسبة كبيرة من الأملاح . والبيئة الترسبية لهذا التكوين هي البيئة البحرية نتيجة لعوامل المد والجزر والتأثيرات الجوية .

هـ - أنواع أخرى من التربة ذات المشاكل :

(١) الردم : Fills

وهو خليط من القمامة والأنقاض والتربة المفككة .

(٢) التربة الكيميائية القابلة للانتفاخ :

chemically swelling soils

أولاً : خصائص التربة المتفخخة :

يتصور الكثيرون أن التربة المتفخخة هي بعض أنواع التربة الطينية فقط ولكن يعتبر هذا الفهم خاطئاً .. فقد وجد أن بعض الصخور تتمدد نتيجة تغيرات كيميائية بها أو بسبب وجود عروق من الميكا أو تحليل الفاسبار والبروكسين خاصة فى الصخور المترسبة Sedimentary rocks كما أثبت التجارب أن تأكسد البيريت وهو أحد عناصر الحديد فى بعض الصخور بسبب تعرضه للهواء ينتج عنه انتفاش وتمدد ... أما التربة الرملية فمن المعروف أن هناك ظاهرة تسمى ظاهرة الزيادة الحجمي bulking والتي يمكن تعريفها على أنها الزيادة فى حجم وزن معين من الرمل بتأثير الرطوبة كنتيجة لتغليف حبيبات الرمل بالماء وهي ظاهرة تختلف عن ظاهرة الانتفاش والنسبة للتربة الطينية فقد وجد أن الطمى الذى به نسبة عالية من الطين يحدث به انتفاشاً طاهراً أما إذا كانت نسبة الرمل والمواد العضوية أكبر فيحدث تمدد أقل ويظهر الانتفاش والتدد فى التربة الطينية clay soils بوضوح وهو ما سنفصل عليه فى دراستنا الحالية ونستطيع أن نلخص انتفاش التربة الطينية فيما يلى :

(١) من المعروف أن حبيبات الطين أقل فى القطر من حبيبات الطمى وقطر الحبيبات يبدأ من ٠,٠٠٢ م فأقل وأساس تكوين الطين هي هيدروسيليكات الألومنيوم ($Al_2 Si O_5 H_2 O$) hydro aluminum silicates وتنصق هذه الحبيبات مع بعضها مكونة طبقة رقيقة جداً تسمى طبقة من الجبسيت وبعض المادان الأخرى ذات الجزيئات الرقيقة جداً ... يمثل هذا السندوتش شريحة من الطين تتجمع مجموعات وطبقات أخرى فوق بعضها مكونة التربة الطينية يحدث الانتفاش والتدد عادة عندما تصل نسبة من الرطوبة أو الماء لهذه الطبقات والشرائح .

(٢) من المعروف أن للطين ثلاثة معادن رئيسية فى تكوينه : المعدن الأول : وهو ما يسمى المونتوموريلونيت montomorillonite ولوجود نسبة عالية من الجبسيت gibbsite فى هذا المعدن فظهور شراخه لامتصاص المياه والرطوبة وعلى الرغم من أن سلك الشريحة الكاملة منه تساوى ١٠ انجستروم فإن هذا السلك يصل إلى حوالى ٢٠٠ - ٤٠٠ انجستروم بعد امتصاصها كمية من الماء تعادل ١٠ انجستروم .

أما المعدن الثانى : وهو الأيليت illite فإن المادة المحصورة من شرائح الطين هي أيونات البوتاسيوم ولهذا فإن الأيليت أقل شراخه لامتصاص المياه من للونيموريلونيت ولذلك فدرجة انتفاشه وتمدده أقل .

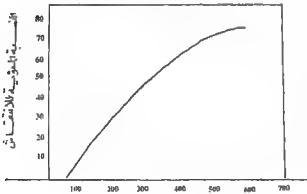
الخارج لكي تبقى العينة بدون ارتفاع أو زيادة حجمية عند إضافة الماء .

ولها وقد أجريت أبحاث كثيرة لمعرفة قيمة ضغط الانتفاش والعوامل المؤثرة فبين أن العوامل المؤثرة على قيمة ضغط الانتفاش كالآتي :

نسبة اللونيوموريلونيت في الطين أو بمعنى آخر نوع التربة الطينية - المساحة السطحية للميونات - حد اللدونة - كمية الرطوبة - درجة الحرارة - عمق الطبقة الطينية . الزمن .. إلخ ويجدر بنا أن نذكر هنا العالمان هولتر وجيبسي (١٩٥٦) قد أثبتا أنه كلما زاد دليل اللدونة plasticity indese كلما كان معدل الزيادة الحجمية والانتفاش كبيراً وكلما كان حد الانتفاش قليلاً . ويوضح الجدول التالي هذه النتائج .

التغير الحجمي	دليل اللدونة	حد الانكماش
قليل	صفر - ١٥	أكثر من ١٢
متوسط	١٥ - ٣٠	١٢ - ١٠
كبير	أكثر من ٣٠	صفر - ١٠

وقد أثبت ريج (١٩٦٦) أن زيادة المساحة السطحية ينتج عنها زيادة حجمية كبيرة وبين المنحنى التالي العلاقة بين المساحة السطحية (S.A) والنسبة المئوية للانتفاش .



النسبة المئوية للانتفاش (S.A) م²/كجم

رابعاً : قيم ضغط الانتفاش :

ظهرت في السنوات الأخيرة معادلات كثيرة من قيمة ضغط الانتفاش للتربة وبعض العوامل المؤثرة في ذلك .

فقد أعطى سبيجتال (١٩٦٢) المعادلة التالية :

$$SP = 2.2 \times 10^{-3} IP \cdot 2.44$$

حيث إن :

$$SP = \text{swelling potential}$$

ضغط الانتفاش

أما المعدن الثالث والأخير : فهو الكاولينيت kaolinite وبعض منه يطلق عليه الصلصال الصيني وهو أقل المعادن انتمصاً للمياه ولهذا فهو أقل انتفاشاً وتعدماً .

وتوجد أنواع أخرى من الطين مثل التينويت والروفيليت والكلوريت والفيرميسكوليت وهذه جميعاً يتوقف معدل انتفاشها على نتيجة نسبة وجود المتوفوريلونيت فإذا كانت نسبته عالية تكون درجة التمدد كبيرة والعكس .

ثانياً : مظاهر التربة المنفشة في الطبيعة :

يمكن لمهندس التنفيذ ما إذا كانت التربة الموجودة بالموقع من النوع المتمدد أم لا ونوجز بعض المظاهر التي إذا توفرت واحد منها أو بعضها يمكن الحكم على هذه التربة بأنها تربة متمددة ويوضع ذلك في الاعتبار أو يتم عمل تجارب معملية أخرى :

- 1) صعوبة تكسير التربة المتمددة باليد أو بالأصابع في حالة جفافها تماماً .
- 2) الأحراف edges تكون حادة sharp ورقيقة جداً في حالة التربة الجافة .
- 3) تتكون من مجموعات من الطبقات بعضها فوق بعض .
- 4) تكون لرجة وتلتصق بمجلات السيارات وبالأحذية عندما تكون رطبة .

5) عند إلقاء كتلة في حدود ١ كجم من ارتفاع حوالي ١ م فإنها تتكسر إلى أجزاء قليلة ولكن لا تنفث .

6) في حالة إلقاء كرة من التربة الرطبة على لوح زجاجي من الارتفاع نصف متر مثلاً ثم أمسنا اللوح الزجاجي لتكون الكرة جهة الأرض من أسفل وطرقنا على اللوح عدة طرقات فإن الكرة لا تنفصل عن السطح الزجاجي .

7) في حالة إضافة قليل من الماء لعينة من التربة موضوعة في طبق فإنه يظهر زيادة في حجمها بوضوح .

8) في حالة إضافة قليل من الماء إلى التربة فإنه يمكن سحبها بين الأصابع حتى قطر ٣ م بالإضافة إلى سهولة تشكيلها .

9) وجود تشققات وشروخ واضحة جداً في التربة الجافة تماماً .

ثالثاً : ميكانيكية الانتفاش والأسباب المؤثرة عليه :

يمكن تلخيص ميكانيكية التمدد بالآتي :

1) تمدد وانتفاش بسبب ميكانيكية تغيرات كيميائية طبيعية .

2) تمدد وانتفاش بسبب تأثيرات ميكانيكية

ونتيجة لتمدد التربة وزيادة حجمها يظهر ما يسمى كضغط الانتفاش swelling press ويمكن تعريف ضغط الانتفاش بأنه هو الضغط الرأسى المطلوب كطبيعة على عينة محصورة من

$$PSV (K_g/l) = 0.102 W_{om} - 1.455 \gamma_d + 1.186$$

حيث إن :

$$W_{om} = O.M.C$$

أقصى نسبة رطوبة

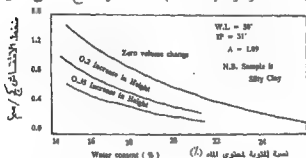
$$\gamma_{dm} = O.P.D$$

أقصى كثافة جافة

وقد أثبت ماكلوسيل (١٩٥٦) بأن الانتفاش يكون واضحاً جداً ويظهر بصورة كبيرة في حالة الأحمال الموزعة بالتساوي وتكون قيمتها أقل من ٧,٥ م

وقد أثبت كثير من الباحثين بأن نسبة الانتفاش تقل بزيادة العمر كما أنها تقل أيضاً إذا كانت التربة قد سبق تحميلها وقد أثبت العلماء ميشيل وشان (١٩٦٢) بأنه كلما كانت الأحمال السابقة على التربة كبيرة كلما كان معدل الانتفاش صغير - كما أثبت التجارب بأنه كلما كانت المياه نقية كان معدل الانتفاش كبيراً وذلك بسبب تركيز الأيونات .

أما بالنسبة للعلاقة بين التغير الحجمي وضغط الانتفاش فقد بين ذلك دالوسون (١٩٥٦) في اتجاهه واستنتج المنحنى التالي



خاصة : درجات التمدد :

يبين الجدول التالي درجات التمدد وما يقابلها من قيم للدليل اللينة ونسبة المواد الغريبة .

النسبة	النسبة	النسبة	النسبة	النسبة	النسبة
أكثر من ٣٠	٢٠ - ٣٠	١٠ - ٢٠	١٠ - ٢٠	١٠ - ٢٠	١٠ - ٢٠
أكثر من ٢٥	٢٥ - ٣٠	٢٥ - ٣٠	٢٥ - ٣٠	٢٥ - ٣٠	٢٥ - ٣٠
أكثر من ٢٠	٢٠ - ٢٥	٢٠ - ٢٥	٢٠ - ٢٥	٢٠ - ٢٥	٢٠ - ٢٥
أكثر من ١٥	١٥ - ٢٠	١٥ - ٢٠	١٥ - ٢٠	١٥ - ٢٠	١٥ - ٢٠
أكثر من ١٠	١٠ - ١٥	١٠ - ١٥	١٠ - ١٥	١٠ - ١٥	١٠ - ١٥
أكثر من ٥	٥ - ١٠	٥ - ١٠	٥ - ١٠	٥ - ١٠	٥ - ١٠
أكثر من ٢.٥	٢.٥ - ٥	٢.٥ - ٥	٢.٥ - ٥	٢.٥ - ٥	٢.٥ - ٥
أكثر من ١.٥	١.٥ - ٢.٥	١.٥ - ٢.٥	١.٥ - ٢.٥	١.٥ - ٢.٥	١.٥ - ٢.٥
أكثر من ٠.٥	٠.٥ - ١.٥	٠.٥ - ١.٥	٠.٥ - ١.٥	٠.٥ - ١.٥	٠.٥ - ١.٥
أكثر من ٠.٢٥	٠.٢٥ - ٠.٥	٠.٢٥ - ٠.٥	٠.٢٥ - ٠.٥	٠.٢٥ - ٠.٥	٠.٢٥ - ٠.٥
أكثر من ٠.١٥	٠.١٥ - ٠.٢٥	٠.١٥ - ٠.٢٥	٠.١٥ - ٠.٢٥	٠.١٥ - ٠.٢٥	٠.١٥ - ٠.٢٥
أكثر من ٠.٠٧٥	٠.٠٧٥ - ٠.١٥	٠.٠٧٥ - ٠.١٥	٠.٠٧٥ - ٠.١٥	٠.٠٧٥ - ٠.١٥	٠.٠٧٥ - ٠.١٥
أكثر من ٠.٠٣٧٥	٠.٠٣٧٥ - ٠.٠٧٥	٠.٠٣٧٥ - ٠.٠٧٥	٠.٠٣٧٥ - ٠.٠٧٥	٠.٠٣٧٥ - ٠.٠٧٥	٠.٠٣٧٥ - ٠.٠٧٥
أكثر من ٠.٠١٩	٠.٠١٩ - ٠.٠٣٧٥	٠.٠١٩ - ٠.٠٣٧٥	٠.٠١٩ - ٠.٠٣٧٥	٠.٠١٩ - ٠.٠٣٧٥	٠.٠١٩ - ٠.٠٣٧٥
أكثر من ٠.٠٠٩٥	٠.٠٠٩٥ - ٠.٠١٩	٠.٠٠٩٥ - ٠.٠١٩	٠.٠٠٩٥ - ٠.٠١٩	٠.٠٠٩٥ - ٠.٠١٩	٠.٠٠٩٥ - ٠.٠١٩
أكثر من ٠.٠٠٤٧٥	٠.٠٠٤٧٥ - ٠.٠٠٩٥	٠.٠٠٤٧٥ - ٠.٠٠٩٥	٠.٠٠٤٧٥ - ٠.٠٠٩٥	٠.٠٠٤٧٥ - ٠.٠٠٩٥	٠.٠٠٤٧٥ - ٠.٠٠٩٥
أكثر من ٠.٠٠٢٣٧٥	٠.٠٠٢٣٧٥ - ٠.٠٠٤٧٥	٠.٠٠٢٣٧٥ - ٠.٠٠٤٧٥	٠.٠٠٢٣٧٥ - ٠.٠٠٤٧٥	٠.٠٠٢٣٧٥ - ٠.٠٠٤٧٥	٠.٠٠٢٣٧٥ - ٠.٠٠٤٧٥
أكثر من ٠.٠٠١١٩	٠.٠٠١١٩ - ٠.٠٠٢٣٧٥	٠.٠٠١١٩ - ٠.٠٠٢٣٧٥	٠.٠٠١١٩ - ٠.٠٠٢٣٧٥	٠.٠٠١١٩ - ٠.٠٠٢٣٧٥	٠.٠٠١١٩ - ٠.٠٠٢٣٧٥
أكثر من ٠.٠٠٠٥٩٥	٠.٠٠٠٥٩٥ - ٠.٠٠١١٩	٠.٠٠٠٥٩٥ - ٠.٠٠١١٩	٠.٠٠٠٥٩٥ - ٠.٠٠١١٩	٠.٠٠٠٥٩٥ - ٠.٠٠١١٩	٠.٠٠٠٥٩٥ - ٠.٠٠١١٩
أكثر من ٠.٠٠٠٢٩٧٥	٠.٠٠٠٢٩٧٥ - ٠.٠٠٠٥٩٥	٠.٠٠٠٢٩٧٥ - ٠.٠٠٠٥٩٥	٠.٠٠٠٢٩٧٥ - ٠.٠٠٠٥٩٥	٠.٠٠٠٢٩٧٥ - ٠.٠٠٠٥٩٥	٠.٠٠٠٢٩٧٥ - ٠.٠٠٠٥٩٥
أكثر من ٠.٠٠٠١٤٨٧٥	٠.٠٠٠١٤٨٧٥ - ٠.٠٠٠٢٩٧٥	٠.٠٠٠١٤٨٧٥ - ٠.٠٠٠٢٩٧٥	٠.٠٠٠١٤٨٧٥ - ٠.٠٠٠٢٩٧٥	٠.٠٠٠١٤٨٧٥ - ٠.٠٠٠٢٩٧٥	٠.٠٠٠١٤٨٧٥ - ٠.٠٠٠٢٩٧٥
أكثر من ٠.٠٠٠٠٧٤٣٧٥	٠.٠٠٠٠٧٤٣٧٥ - ٠.٠٠٠١٤٨٧٥	٠.٠٠٠٠٧٤٣٧٥ - ٠.٠٠٠١٤٨٧٥	٠.٠٠٠٠٧٤٣٧٥ - ٠.٠٠٠١٤٨٧٥	٠.٠٠٠٠٧٤٣٧٥ - ٠.٠٠٠١٤٨٧٥	٠.٠٠٠٠٧٤٣٧٥ - ٠.٠٠٠١٤٨٧٥
أكثر من ٠.٠٠٠٠٣٧١٨٧٥	٠.٠٠٠٠٣٧١٨٧٥ - ٠.٠٠٠٠٧٤٣٧٥	٠.٠٠٠٠٣٧١٨٧٥ - ٠.٠٠٠٠٧٤٣٧٥	٠.٠٠٠٠٣٧١٨٧٥ - ٠.٠٠٠٠٧٤٣٧٥	٠.٠٠٠٠٣٧١٨٧٥ - ٠.٠٠٠٠٧٤٣٧٥	٠.٠٠٠٠٣٧١٨٧٥ - ٠.٠٠٠٠٧٤٣٧٥
أكثر من ٠.٠٠٠٠١٨٥٩٣٧٥	٠.٠٠٠٠١٨٥٩٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٣٧١٨٧٥	٠.٠٠٠٠١٨٥٩٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٣٧١٨٧٥	٠.٠٠٠٠١٨٥٩٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٣٧١٨٧٥	٠.٠٠٠٠١٨٥٩٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٣٧١٨٧٥	٠.٠٠٠٠١٨٥٩٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٣٧١٨٧٥
أكثر من ٠.٠٠٠٠٠٩٢٩٦٨٧٥	٠.٠٠٠٠٠٩٢٩٦٨٧٥ - ٠.٠٠٠٠١٨٥٩٣٧٥	٠.٠٠٠٠٠٩٢٩٦٨٧٥ - ٠.٠٠٠٠١٨٥٩٣٧٥	٠.٠٠٠٠٠٩٢٩٦٨٧٥ - ٠.٠٠٠٠١٨٥٩٣٧٥	٠.٠٠٠٠٠٩٢٩٦٨٧٥ - ٠.٠٠٠٠١٨٥٩٣٧٥	٠.٠٠٠٠٠٩٢٩٦٨٧٥ - ٠.٠٠٠٠١٨٥٩٣٧٥
أكثر من ٠.٠٠٠٠٠٤٦٤٨٤٣٧٥	٠.٠٠٠٠٠٤٦٤٨٤٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٩٢٩٦٨٧٥	٠.٠٠٠٠٠٤٦٤٨٤٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٩٢٩٦٨٧٥	٠.٠٠٠٠٠٤٦٤٨٤٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٩٢٩٦٨٧٥	٠.٠٠٠٠٠٤٦٤٨٤٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٩٢٩٦٨٧٥	٠.٠٠٠٠٠٤٦٤٨٤٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٩٢٩٦٨٧٥
أكثر من ٠.٠٠٠٠٠٢٣٢٤٢١٨٧٥	٠.٠٠٠٠٠٢٣٢٤٢١٨٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٤٦٤٨٤٣٧٥	٠.٠٠٠٠٠٢٣٢٤٢١٨٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٤٦٤٨٤٣٧٥	٠.٠٠٠٠٠٢٣٢٤٢١٨٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٤٦٤٨٤٣٧٥	٠.٠٠٠٠٠٢٣٢٤٢١٨٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٤٦٤٨٤٣٧٥	٠.٠٠٠٠٠٢٣٢٤٢١٨٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٤٦٤٨٤٣٧٥
أكثر من ٠.٠٠٠٠٠١١٦٢١٠٩٣٧٥	٠.٠٠٠٠٠١١٦٢١٠٩٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٢٣٢٤٢١٨٧٥	٠.٠٠٠٠٠١١٦٢١٠٩٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٢٣٢٤٢١٨٧٥	٠.٠٠٠٠٠١١٦٢١٠٩٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٢٣٢٤٢١٨٧٥	٠.٠٠٠٠٠١١٦٢١٠٩٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٢٣٢٤٢١٨٧٥	٠.٠٠٠٠٠١١٦٢١٠٩٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٢٣٢٤٢١٨٧٥
أكثر من ٠.٠٠٠٠٠٠٥٨١٠٥٤٦٨٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٥٨١٠٥٤٦٨٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠١١٦٢١٠٩٣٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٥٨١٠٥٤٦٨٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠١١٦٢١٠٩٣٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٥٨١٠٥٤٦٨٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠١١٦٢١٠٩٣٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٥٨١٠٥٤٦٨٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠١١٦٢١٠٩٣٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٥٨١٠٥٤٦٨٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠١١٦٢١٠٩٣٧٥
أكثر من ٠.٠٠٠٠٠٠٢٩٠٥٢٧٣٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٢٩٠٥٢٧٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٥٨١٠٥٤٦٨٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٢٩٠٥٢٧٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٥٨١٠٥٤٦٨٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٢٩٠٥٢٧٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٥٨١٠٥٤٦٨٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٢٩٠٥٢٧٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٥٨١٠٥٤٦٨٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٢٩٠٥٢٧٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٥٨١٠٥٤٦٨٧٥
أكثر من ٠.٠٠٠٠٠٠١٤٥٢٦١٨٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠١٤٥٢٦١٨٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٢٩٠٥٢٧٣٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠١٤٥٢٦١٨٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٢٩٠٥٢٧٣٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠١٤٥٢٦١٨٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٢٩٠٥٢٧٣٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠١٤٥٢٦١٨٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٢٩٠٥٢٧٣٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠١٤٥٢٦١٨٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٢٩٠٥٢٧٣٧٥
أكثر من ٠.٠٠٠٠٠٠٠٧٢٦٣٠٩٣٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٠٧٢٦٣٠٩٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠١٤٥٢٦١٨٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٠٧٢٦٣٠٩٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠١٤٥٢٦١٨٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٠٧٢٦٣٠٩٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠١٤٥٢٦١٨٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٠٧٢٦٣٠٩٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠١٤٥٢٦١٨٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٠٧٢٦٣٠٩٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠١٤٥٢٦١٨٧٥
أكثر من ٠.٠٠٠٠٠٠٠٣٦٣١٥٤٦٨٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٠٣٦٣١٥٤٦٨٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٠٧٢٦٣٠٩٣٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٠٣٦٣١٥٤٦٨٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٠٧٢٦٣٠٩٣٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٠٣٦٣١٥٤٦٨٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٠٧٢٦٣٠٩٣٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٠٣٦٣١٥٤٦٨٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٠٧٢٦٣٠٩٣٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٠٣٦٣١٥٤٦٨٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٠٧٢٦٣٠٩٣٧٥
أكثر من ٠.٠٠٠٠٠٠٠١٨١٥٧٣٠٩٣٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٠١٨١٥٧٣٠٩٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٠٣٦٣١٥٤٦٨٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٠١٨١٥٧٣٠٩٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٠٣٦٣١٥٤٦٨٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٠١٨١٥٧٣٠٩٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٠٣٦٣١٥٤٦٨٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٠١٨١٥٧٣٠٩٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٠٣٦٣١٥٤٦٨٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٠١٨١٥٧٣٠٩٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٠٣٦٣١٥٤٦٨٧٥
أكثر من ٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٩٠٧٣٦٣٠٩٣٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٩٠٧٣٦٣٠٩٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٠١٨١٥٧٣٠٩٣٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٩٠٧٣٦٣٠٩٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٠١٨١٥٧٣٠٩٣٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٩٠٧٣٦٣٠٩٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٠١٨١٥٧٣٠٩٣٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٩٠٧٣٦٣٠٩٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٠١٨١٥٧٣٠٩٣٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٩٠٧٣٦٣٠٩٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٠١٨١٥٧٣٠٩٣٧٥
أكثر من ٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٤٥٣٦٨١٥٤٦٨٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٤٥٣٦٨١٥٤٦٨٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٩٠٧٣٦٣٠٩٣٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٤٥٣٦٨١٥٤٦٨٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٩٠٧٣٦٣٠٩٣٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٤٥٣٦٨١٥٤٦٨٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٩٠٧٣٦٣٠٩٣٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٤٥٣٦٨١٥٤٦٨٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٩٠٧٣٦٣٠٩٣٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٤٥٣٦٨١٥٤٦٨٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٩٠٧٣٦٣٠٩٣٧٥
أكثر من ٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٢٢٦٨٤٠٧٣٠٩٣٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٢٢٦٨٤٠٧٣٠٩٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٤٥٣٦٨١٥٤٦٨٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٢٢٦٨٤٠٧٣٠٩٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٤٥٣٦٨١٥٤٦٨٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٢٢٦٨٤٠٧٣٠٩٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٤٥٣٦٨١٥٤٦٨٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٢٢٦٨٤٠٧٣٠٩٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٤٥٣٦٨١٥٤٦٨٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٢٢٦٨٤٠٧٣٠٩٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٤٥٣٦٨١٥٤٦٨٧٥
أكثر من ٠.٠٠٠٠٠٠٠٠١١٣٤٢٠٣٦٣٠٩٣٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٠٠١١٣٤٢٠٣٦٣٠٩٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٢٢٦٨٤٠٧٣٠٩٣٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٠٠١١٣٤٢٠٣٦٣٠٩٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٢٢٦٨٤٠٧٣٠٩٣٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٠٠١١٣٤٢٠٣٦٣٠٩٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٢٢٦٨٤٠٧٣٠٩٣٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٠٠١١٣٤٢٠٣٦٣٠٩٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٢٢٦٨٤٠٧٣٠٩٣٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٠٠١١٣٤٢٠٣٦٣٠٩٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٢٢٦٨٤٠٧٣٠٩٣٧٥
أكثر من ٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٠٥٦٧١٠١٨١٥٤٦٨٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٠٥٦٧١٠١٨١٥٤٦٨٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٠٠١١٣٤٢٠٣٦٣٠٩٣٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٠٥٦٧١٠١٨١٥٤٦٨٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٠٠١١٣٤٢٠٣٦٣٠٩٣٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٠٥٦٧١٠١٨١٥٤٦٨٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٠٠١١٣٤٢٠٣٦٣٠٩٣٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٠٥٦٧١٠١٨١٥٤٦٨٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٠٠١١٣٤٢٠٣٦٣٠٩٣٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٠٥٦٧١٠١٨١٥٤٦٨٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٠٠١١٣٤٢٠٣٦٣٠٩٣٧٥
أكثر من ٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٠٢٨٣٥٥٥٩٠٧٣٠٩٣٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٠٢٨٣٥٥٥٩٠٧٣٠٩٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٠٥٦٧١٠١٨١٥٤٦٨٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٠٢٨٣٥٥٥٩٠٧٣٠٩٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٠٥٦٧١٠١٨١٥٤٦٨٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٠٢٨٣٥٥٥٩٠٧٣٠٩٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٠٥٦٧١٠١٨١٥٤٦٨٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٠٢٨٣٥٥٥٩٠٧٣٠٩٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٠٥٦٧١٠١٨١٥٤٦٨٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٠٢٨٣٥٥٥٩٠٧٣٠٩٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٠٥٦٧١٠١٨١٥٤٦٨٧٥
أكثر من ٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٠١٤١٧٧٧٧٧٣٠٩٣٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٠١٤١٧٧٧٧٧٣٠٩٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٠٢٨٣٥٥٥٩٠٧٣٠٩٣٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٠١٤١٧٧٧٧٧٣٠٩٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٠٢٨٣٥٥٥٩٠٧٣٠٩٣٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٠١٤١٧٧٧٧٧٣٠٩٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٠٢٨٣٥٥٥٩٠٧٣٠٩٣٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٠١٤١٧٧٧٧٧٣٠٩٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٠٢٨٣٥٥٥٩٠٧٣٠٩٣٧٥	٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٠١٤١٧٧٧٧٧٣٠٩٣٧٥ - ٠.٠٠٠٠٠٠٠٠٠٢٨٣٥٥٥٩٠٧٣٠٩٣٧٥

سادساً : الاحتمالات الواجب مراعاتها عند التأسيس على تربة متمددة :

alluvial swelling soils

هو الطين النهري الذي يحتوى على نسبة عالية من معادن الطين النشطة والذي كان يوجد في حالة تشبع ولكن عند انخفاض منسوب المياه الأرضية وتعرضه للجفاف أصبح له قابلية الانتفاخ .

الطين الطلي المكتسب حالة الليونة :

Softened overconsolidated clay

هو الطين الجفاف الذي أزيل عنه عمود التربة ثم تشبع بالمياه وتقل مقاومته للقص بصورة كبيرة وقد يتحول إلى طين لين .

weathered soils : التربة المتآخرة من عوامل التعرية :

وهي نواتج تكسر الصخور بعوامل التعرية المختلفة التي منها الميكانيكية والكيميائية وتبقى في مكانها دون أن تتعرض لإعادة ترسيب أو تنظيم وبالطبع تختلف كلها عن الصخور الأصلية المحيطة من ناحية التكوين المعدني والكيميائي . وتكون تلك التربة تربة منقولة ومترسبة في مياه بحرية أو نهريّة في عصر جيولوجي قديم ثم تعرضت لعوامل تعرية كيميائية أو ميكانيكية بعد هذا العصر أدت إلى تحويلها إلى تربة ذات مشاكل . وفي هذه الحالة يكون أصل التربة هو ذلك العصر الجيولوجي القديم ذات أصل منقول أما العصر الجيولوجي الذي أدى إلى تحول التربة إلى تربة ذات مشكلة فهو عصر حديث نسبياً وتعتبر في هذه الحالة من وجهة النظر الهندسية تربة متبقية ..

الجلومود : Boulders

وهي قطع صخرية كبيرة الحجم يزيد قطرها عن ٢٥٦ م وقد قاومت عوامل التعرية في مراحل تحويلها وبقيت مكانها وسط مكونات التربة المتبقية الأخرى وتسبب مشاكل خاصة للإنشاء الهندسي من ناحية الحفر ومن ناحية الاستكشاف

الرمال القابل للإسالة : liquified sand

وهو رمل ناعم الحبيبات ذو تركيب سائب ويوجد تحت منسوب المياه الأرضية . وإذا تعرض هذا الرمل للقلقلة أو الاهتزاز سرعان ما تتحول خواصه إلى خواص المواد السائلة ويفقد مقاومته للقص .

معالجة التربة وطرق التأسيس

من الطرق المستخدمة لمعالجة التربة القابلة للاهتزاز للتأسيس بأساسات سطحية هي إزالة التربة حتى عمق مناسب ودمكها لتقليل القابلية للاهتزاز بصورة مقبولة . وكذلك طرق التثبيت المختلفة سواء بالمرس السطحي أو الدق السطحي أو الاهتزاز مع الغمر .

يراعى عادة تنافى التأسيس على تربة لها خاصية الانتفاخ أو إقامة منشآت خرسانية على هذه التربة ما لأنواع من التربة وفي حالة الاضطراب للتأسيس على هذه الأنواع من التربة يجب أخذ الاحتمالات التالية في الاعتبار :

(١) إبعاد مصادر المياه بقدر الإمكان عن أماكن الأساسات وذلك بوضع مواسير المياه المغذية للمبنى ومواسير الصرف الصحي في أماكن بعيدة عن المبنى مع تغليف هذه المواسير بمخرسانة في حالة وضعها بالقرب من المبنى .

(٢) زيادة عمق التأسيس وذلك لإبعاد القواعد والأساسات عن مصادر المياه والتأثر بها .

(٣) وضع غنذات من الرمل السائب الغير مدكوك تحت القواعد وحولها بأسمك لا تقل عن ٥٠ سم .

(٤) غمر أماكن القواعد بالمياه لمدة لا تقل عن ثلاثة أيام مع عمل نقط مياه في أماكن مختلفة من المبنى وملئها بالمياه لمدة ثلاثة أيام حتى تشبع هذه التربة بالمياه وإعادة حفر أجناب هذه القواعد .

(٥) يفضل عادة أن تكون القواعد مستديرة الشكل وليست مربعة أو مستطيلة على أن لا يقل مملك هذه القواعد عن ١ م .

(٦) يفضل الردم حول الأساسات والميدات برمال سائلة بدون ذك أو رش مياه ويكون الردم حول الميدات بأسمك لا تقل عن ٥٠ سم على أن يكون تسليح الميدات لا يقل وقطاعها كبير سواء بالنسبة للعرض أو العمق .

(٧) يراعى أن تكون الإجهادات المتولدة من المبنى لا تزيد عن ١٠ كجم / سم^٢ وفي حالة زيادتها عن ذلك يفضل زيادة مسطح القواعد .

(٨) يلزم عدم الردم أسفل الأرضيات أو حول الأساسات بنواتج الحفر من هذه التربة .

(٩) في حالة وجود رقائق أعمدة يلزم أن تكون بقطاع مناسب (كبير) بعرض لا يقل عن ٣٠ سم وتسليح طولي لا يقل عن ١٦ م وكانات بقطر لا يقل عن ٢٠ سم .

(١٠) يتم عمل رصيف حول المبنى بعرض لا يقل عن ٢ م على أن تكون جميع غرف التفتيش والمحابس خارج هذا الرصيف .

(١١) في حالة اختراق خوازيق لهذه التربة يراعى وضع ذلك في الاعتبار عند تصميم الخوازيق .

(٣) من الأفضل دائماً وجود طبقة صلبة نسبياً أسفل طبقة التربة القابلة للانضغاط وذلك لينعكس عليها جزء من طاقة الدمك مما يسهل عملية الدمك . وتوجد هذه الحالة في الطبيعة كثيراً عندما توجد التربة القابلة للانضغاط المنقولة فوق طبقات كثيفة من التربة المحيطة على مركبات الحديد .

(٤) في حالة التربة ذات محتوى الرطوبة العالي فإنه من المفضل وجود طبقة منفصلة أسفل الطبقة القابلة للانضغاط وذلك للسماح بتثبيت ضغط مياه الفراغات الذي يتولد أثناء الدمك وتوجد هذه الحالة في الطبيعة عندما يكون هناك أسفل الطبقة القابلة للانضغاط طبقة من الحصى الرفيع أو الزلط .

ب (المراسات الاهتزازية : vibratory rollers

أشارت النتائج التي أمكن الحصول عليها باستخدام هذه المراسات بأنه بالرغم من استخدام أساليب مختلفة مع المراسات الاهتزازية إلا أن الكثافة على عمق حوالى ١,٠٠ متر لم يكن زيادتها بواسطة المراس السطحي .

ومع ذلك فقد أمكن الحصول على نتائج جيدة إذا أزيلت التربة القابلة للانضغاط حتى العمق المطلوب ثم أعيدت على هيئة طبقات سمك كل منها حوالى ٣٠ سم مع دمك كل طبقة على حدة باستخدام المراسات السطحية مع وضع كمية الماء المناسبة والتي تغطي أقصى كثافة جافة ويعتمد عمق الطبقات المدموكة على أحمال المنشآت ودرجة القابلية للانضغاط للطبقات العميقة ..

٣) التكثيف بالثق السطحي :

densification by surface ponding

يظهر من طبيعة التربة القابلة للانضغاط أن طريقة الثق السطحي أو التي تسمى أيضاً الدمك (التضاضغ) للدنيايكي dynamic consolidation تكون مناسبة تماماً لتكثيف التربة ومع ذلك فإن هذه الطريقة غير شائعة بسبب ارتفاع تكاليفها . تتوقف كفاءة هذه الطريقة على نوع التربة القابلة للانضغاط وكذلك الطبقات الموجودة أسفلها .

٤) التكثيف بالاهتزاز مع الغمر : vibrofloatation

استخدمت هذه الطريقة بنجاح لزيادة جهد تحمل التربة القابلة للانضغاط . وفي هذه الطريقة يتم دمك عن طريق الجمع بين الاهتزاز والغمر . ويمكن زيادة قدرة تحمل التربة للإجهادات بواسطة التكثيف مع استعمال أعمدة من الزلط تعمل كخوازيق وهذه الطريقة تناسب التربة القابلة للانضغاط التي لا تتحوى على نسب عالية من المواد الناعمة .

وإذا كانت قابلية التربة للانضغاط عالية يفضل استبدالها بتربة رملية حتى عمق مناسب مع دمك تربة الاستبدال . ويمكن كذلك تثبيت التربة وإن كانت طرق التثبيت للتربة القابلة للانضغاط ما زالت تحت الدراسة من ناحية التطبيق .

أما عندما تكون طبقات التربة القابلة للانضغاط ذات عمق محدود وتقع أسفلها طبقات غير قابلة للانضغاط فإنه يمكن استعمال أساسات عميقة لنقل أحمال المنشآت إلى هذه الطبقات السفلية الصلبة .

معالجة التربة : ١) الإزالة والدمك :

في هذه الطريقة تزال التربة القابلة للانضغاط حتى عمق معين ثم تردم وتدمك التربة المزالة نفسها (ناتج الحفر) ويجب تعيين خواص التربة وبصفة خاصة منحني التدرج الحبيبي وحدود التواء حتى يمكن تقدير درجة وطريقة الدمك المناسبة ويجب بصفة عامة أن يجري الدمك عند نسبة رطوبة أعلى من النسبة المثل وذلك للتغلب على المشاكل التي قد تنشأ نتيجة انهيار التربة المدموكة ..

٢) التكثيف بالمراس السطحي :

Densification by surface rolling

أ) مراسات الصدم : impact rollers

أمكن تحقيق نتائج جيدة باستخدام مراسات الصدم مع بعض أنواع التربة الرملية القابلة للانضغاط وقد أشارت هذه النتائج إلى أنه بعد ٣٠ مرة من مرور مراس صدم تم تحقيق كثافة تزيد عن ١٠٠٪ من الكثافة الخاصة بتجربة الدمك المعدلة في عمق ما بين صفر و ١,٠٠ متر و ٩٣٪ عند عمق ٤ متر . ويدل ذلك على قدرة كبيرة لمراسات الصدم في تحسين خواص التربة القابلة للانضغاط بالموقع . ومع ذلك لم تعط هذه الطريقة نتائج جيدة مع بعض أنواع التربة الأخرى مثل الرمل الطمي المنقول بواسطة الهواء وزيادة الكثافة الناتجة عن استخدام مراسات الصدم يؤدي إلى تحسين كاف لخواص الانضغاط باستخدام الأساسات السطحية التقليدية للمنشآت ذات الأحمال الخفيفة . وبصفة عامة فإنه يجب دراسة ظروف الموقع جيداً قبل تقرير ما إذا كان سيجدى باستخدام طريقة مراسات الصدم أم لا . وفي هذه الحالة يجب أخذ العوامل الآتية في الاعتبار :

- ١) يجب أن تكون التربة بالقرب من سطح الأرض ذات مقاومة قص عالية لمقاومة انهيار التربة تحت تأثير عجل المراس .
- ٢) في حالة وجود ترابط بين حبيبات التربة بواسطة مواد ناعمة فإنه يلزم التغلب على هذا الترابط أثناء المراس بإضافة الماء أو أى طريقة ميكانيكية أخرى .

٥) استبدال التربة : Soil replacement

في حالات ما تكون القابلية كبيرة للانهار وإذا لم تعط أى من الطرق السابقة نتائج مرضية فإنه ينصح باستبدال التربة الطبيعية القابلة للانهار . ويتوقف عمق الطبقات التى سيتم إزالتها على درجة الانهيار المتوقع حدوثه عند حمل التشغيل وعلى درجة تضاعف باقى التربة أسفل الجزء المستبدل . وعادة تبدل الطبقات السطحية برمل سلس جيد التدرج . وهذه الطريقة مكلفة نسبياً نظراً لأنها تشتمل على تكاليف الحفر وإزالة التربة الطبيعية ونقلها ثم الإحلال والدمك ويجب بالطبع دمك تربة الإحلال على طبقات طبقة للمواصفات لتعطى جهد تحمل التربة المطلوب . وفى كثير من الأحيان فإنه يمكن استخدام نفس التربة الطبيعية المزالة في حالة تأثيرها بالدمك على طبقات وباستخدام نسبة الرطوبة المناسبة بحيث يقلل ذلك من درجة انهيارها إلى القيمة المسموح بها ويتم تعيين هذه القيمة معملياً على عينة تم دمكها .

ويمكن استخدام الأنسجة الصناعية *geosynthetics* لتقوية طبقات الاستبدال وفي هذه الحالة يقل السمك الكلى لطبقات

الإحلال وبحيث نحصل على نفس قدرة تحمل الطبقة للإجهادات . ويتوقف قرار استعمال الأنسجة الصناعية مع تقليل سمك طبقة الإحلال أو عدم استعمالها مع زيادة السمك على دراسة مقارنة للتكاليف في الحالتين . ويتوقف اختيار النوع المناسب للأنسجة الصناعية على نوع التربة والأحمال وقيمة الهبوط المسموح به للمنشأ وينصح بعمل الأنسجة الموضوعة في داخل تربة الاستبدال . ويؤخذ في الاعتبار مدى كفاءة الأنسجة الصناعية مع الزمن .

٦) تثبيت التربة : Soil stabilization

بالنظر إلى طبيعة الانهيار يظهر أن استخدام بعض أنواع مثبتات التربة سيكون له تأثير جيد . وعموماً يكون دور المادة المثبتة للتربة إما تقوية الروابط بين الحبيبات أو ملء الفراغات جيداً بينها . ومعظم هذه المواد المثبتة غير متوفرة في مصر ومن المتوقع أن تكون غالية الثمن نسبياً بالمقارنة بتكاليف الطرق الأخرى . ولم تتوفر حتى الآن معلومات كافية عن نتائج مرضية نتيجة استخدام هذه الطريقة . وعلى هذا فإن طريقة تثبيت التربة من المجالات المفتوحة للبحث والتطبيق في المستقبل القريب .

الماب الثاني

التأسيس على الصخر

هذه العينة . فبعض الخصائص المميزة مثل ظهور بعض المعادن المكونة للصخور لا يمكن مشاهدتها في العينات الكبيرة . كما يجب ألا تكون العينة كبيرة - لدرجة تجعل تداولها عملية صعبة ونعتبر قطر الأحجار ٥١.٥×٧.٥ سم عينات مناسبة لذلك .

التقسيم العام للصخور :

يوضح الجدول التالي تقسيماً عاماً للأصناف الرئيسية للصخور ويظهر فيه تقسيم الصخور أولاً إلى صخور نارية أو رسوبية أو متحولة طبقاً لأصل تكوينها ثم يقسم كل نوع من هذه الأصناف الثلاثة طبقاً لقسم كل نوع من هذه الأصناف الثلاثة طبقاً لخصائصها الفيزيائية أو تركيبها ولما كانت معظم خصائص الصخور تعتمد على كيفية تكون هذه الصخور فإن وضع التقسيم الصحيح في هذا الجدول والذي روعي فيه أصل كل نوع والتحويلات المختلفة فيما بينها يجعل عملية التعرف على أي نوع من الصخور عملية سهلة .

أ (الصخور النارية :

١) تتصلب الصخور النارية من كتل ساخنة ثابتة من المادة الصخرية (ماجما) التي تنطلق من داخل الأرض . ويبرد النوع البركاني منها (أكستروسييف) من الماجما (اللافا) على سطح الأرض أو قريباً منه أما النوع الأنتروسييف منها فيتبلور داخل القشرة الأرضية وعموماً فإن الصخور النارية أياً كانت وأسلوب تكوينها فإنه يمكن تقسيمها اعتماداً على خاصيتين رئيسيتين هما التركيب المعدني والتسجج البتائي .

قبل البدء في شرح قدرة التحميل على الصخر أن نعرف أنواع الصخور :

أ) يضطر المهندسون أحياناً إلى التعامل مع أنواع مختلفة من الصخور والأحجار والترية أثناء أعمال الإنشاءات التي يقومون بها سواء لأساسات هذه المنشآت أو موادها أو أعمال الحفر والردم المطلوبة لها . وهذا يستلزم وجود طريقة مبسطة للتعرف على كافة أنواع الصخور والترية المحتملة التعامل معها وسنوضح كيفية التعرف على الصخور والأحجار والترية من الناحية الجيولوجية البسيطة فقط دون استخدام المصطلحات الجيولوجية المتخصصة .

ب) وقد بنيت طريقة التعرف على الصخور هنا على مجموعة من الفحوصات الكيميائية والطبيعية البسيطة فمثلاً في بعض الحالات يمكن التعرف على الصخور من حبيباتها ومعرفة مكونات هذه الحبيبات وفي حالات أخرى كالصخور دقيقة الحبيبات فإنه يجري التعرف عليها من مظهرها العام ونتائج بعض الاختبارات البسيطة .

ج) تتكون الأدوات المطلوبة لعملية الفحص والتصنيف من سكينه صلب وعملول تخفف من حامض الهيدروكلوريك في زجاجة مزودة بقطارة (درجة تركيز الحامض ١٠٪) بالإضافة إلى عدسة مكبرة صغيرة ذات قوة تكبير ٦ : ١٠ مرات .

د) يجب أن تكون عينات الفحص نظيفة ونم فصلها لحينها ... وكبيرة لدرجة تسمح برؤية تركيب وبناء صخور

التقسيم العام للصخور

الصخور النارية : متصلة من حالة ذاتية

الأصل		النسيج السائد		اللون	
				فاتح	غامق
انتروسييف	حبيبات خشنة يسهل تمييزها	جرانيت		جايرو دايبوريت	
	حبيبات خشنة ناعمة جداً يصعب تمييزها	فلسيت		بازلت	

الأصل	النسيج السائد	اللون	
		فاتح	غامق
اكستروسييف (بركانية)	زجاجي	سبيج (أوبسيديان)	
	برغوة / مزبد / غثائي	خفاف	سكوريا
	ركامي	أثرية بركانية - رماد فحمي - كتل	

٢) النسيج البني:

معظمها من طبقات متوازية تنفصل بطبقات أخرى منقطعة وتمثل كل طبقة منها فقرة من فترات ترسب المواد الرسوبية . كما تمثل الصخور الرسوبية حوالي ٧٥٪ من الصخور المكونة لسطح الكرة الأرضية وتتكون هي أساساً بنسبة حوالي ٩٥٪ من خليط الطفل والحجر الرمل والحجر الجيري .

٢) ويتكون أحد النوعين الرئيسيين من الصخور الرسوبية (clastic) أساساً من أجزاء صخور قديمة التحمت ببعضها بالسيليكا وأكسيد الحديد أو تكلست بتأثير المياه الجوفية ويقسم هذا النوع طبقاً لحجم الحبيبات ثم يصنف إلى تقسيم تالي طبقاً للتركيب .

٣) أما النوع الرئيسي الثاني من الصخور الرسوبية فهو النوع الكيميائي الذي تكون أساساً من المترسبات الكيميائية أو البيوكيميائية أو المواد العضوية تكونت تحت سطح مياه البحر الضحلة الغنية بالمواد المعدنية الذائبة ، ويقسم هذا النوع طبقاً لتركيبه الكيميائي ثم يصنف إلى تقسيم تالي طبقاً للنسيج (textine) أو بعض الخصائص الأخرى .

جـ) الصخور المتحولة :

١) تتكون الصخور المتحولة من صخور سابقة التكوين بتأثير الحرارة والضغط والتأثير الكيميائي للسوائل في الأعماق البعيدة للأرض ويمكن رؤية هذه الصخور في مناطق القشرة الأرضية التي تعرضت للتآكل لمعق كبير ويقسم هذا النوع إلى قسمين رئيسيين طبقاً للتكوين ثم يصنف إلى تقسيم تالي طبقاً للتكوين والخصائص الفيزيائية .

٢) الصخور المتحولة الصفائحية (foliated) .

تتميز بشكل صفائحي أو رقائقي واضح موزعة في طبقات دقيقة تختلف في تركيبها المعدني .

٣) الصخور المتحولة الكتلية (massive) .

ليس لها شكل واضح لتركيب معين وتتكون عموماً من

يطلق لفظ النسيج البني على الخصائص الشكلية مثل الحجم - الشكل وترتيب الحبيبات المعدنية والجزئيات التي تكون الصخر . ولي معظم أنواع هذه الصخور بيني النسيج من بلورات مختلفة مختلطة ومتداخلة مع بعضها ويبدو ذلك واضحاً خصوصاً في الأنواع كثيرة البلورات .

ويختلف شكل النسيج لهذه الصخور طبقاً لأسلوب تصلب الماجما الأصل . فالماجما التي بردت ببطء في الأعماق البعيدة للأرض تنتج نسيجاً ذا بلورات كبيرة للدرجة يمكن تمييزها بسهولة ، أما الماجما التي بردت بسرعة فقد نتج عنها تركيب بلوري ناعم جداً لا يمكن تمييز بلوراته بالعين المجردة وكمثال على الأنواع التي بردت الماجما فيها بسرعة كبيرة جداً الزجاج الطبيعي الذي تكون من الماجما بدون بلورات وعند البرودة بسرعة فائقة قد تنحصر بعض فقاعات الهواء التي تضاف إلى نسيجه ويصبح (معششاً) .

٣) التركيب المعدني :

يعتمد التركيب المعدني واللون للصخور النارية على التركيب الكيميائي للمagma الأصلية (فالماجما السيليك stalic magne) غنية بالسيلكون والألومنيوم ومكونة للصخور الفاتحة اللون المركبة أساساً من معادن بيضاء / زرقاء / حمراء / وردية . أما الماجما المافيك (mafic) فهي غنية بالحديد والماغنسيوم مكونة الصخور الغامقة اللون المركبة أساساً من معادن رمادية / خضراء / سوداء / بنية .

ب) الصخور الرسوبية :

١) تتكون الصخور الرسوبية من تراكمات فتات أو بقايا الصخور الصلبة والمترسبات الكيميائية والمواد العضوية بالضغط والالتحام والمواد العضوية بالضغط والالتحام والتبلور ويتشكل

الصخور الصلبة : تحولت تحت تأثير الضغط والحرارة والسرطال الكيميائية

التركيب	الاصطناع	نوع الصخر
رغاسي صفاة	حبيبات ناعمة إلى خشنة - حروف ذات تركيب - متعلق بحجران التركيب - يكسر على شكل كتل	Charis
	حبيبات ناعمة إلى خشنة - طبقات صلبة رقيقة - تفسد إلى قطعاً وركائس	Debit
	حبيبات ناعمة جداً - متعلق إلى رقائق رقيقة - أو كرواح	Shale
مك	لغزاً حبيبات كروية متصهرة	Quartzite
	لغزاً كتلتها في حركات	رغاسي

جـ (الفلدسبار : Feldspar)

أحد مكونات الصخور . صلب جداً . ومعتم البلورات ذات المقطع المستطيل والأسطح المتعادلة ويجتر الفلدسبار المتبلور مكون رئيسي من مكونات الصخور النارية وصخور الناحس والشست ويتخذ ألوان وردية أو حمراء أو عاجية عندما يحتوي البوتاسيوم وعموماً تختلف ألوانه باختلاف المواد المكونة له ويتأثر الفلدسبار بالعوامل الجوية مخلفاً وراءه مكونات وعناصر الطين والأملاح الذائبة في الماء .

د مجموعة الميكا Mica

تظهر على شكل صفائح رقيقة جداً طرية شفافة ذات بريق زجاجي أو متلألئ وعادة يظهر على شكل كتل بضم غدة صفحات وتتواجد الميكا في الصخور الجرانيتية أو النيس أو الشست وتحلل الميكا ببطء إلى مكونات الطين .

هـ الأملفيول amphiboles أساساً أمفونيلد :

صلب وكثيف وزجاجي ويتواجد أساساً في الصخور النارية المتوسطة والغامقة وفي أحجار النيس والشست ويوجد عادة (كما تكون) على شكل إبري رفيع وبلورات لها مقطع يشبه مقطع الماس والأنواع الخضراء الغامقة أو السوداء عادة صلبة والألوان الرمادية أو الخضراء تتواجد في الرخام أو الشست ويتحلل الأمفيليول بسرعة إلى مكونات الطين وأكاسيد الحديد والكربونات المذابة .

و مجموعة البيروكسين Pyroxenes (أساساً الأوجيت) :

صلب وكثيف جداً وزجاجي إلى راتنجي يتواجد أساساً في الصخور النارية الغامقة والدرجة أقل في الصخور النيس والشست ويوجد عادة كما تكون على شكل بلورات قصيرة مربعة المقطع وقد يوجد على شكل بلورات حبيبية كما في صخور الجابرو وقد يوجد في الطبيعة نقياً على شكل كتل من البيروكسين مكونة صخر البيروكسيت ويتواجد غالباً على ألوان

معدن واحد ويمكن أن تكون على شكل بلورات أو كتلة من الحبيبات المنصهرة .

المعادن المكونة للصخور :

أ) تعتبر المعادن مواد كيميائية طبيعية غير عضوية ذات خواص طبيعية وكيميائية مميزة ولذلك تسمى الصخور علمياً بأسماء تدل على مكوناتها المعدنية وتستخدم هذه الحقيقة كوسيلة ثانوية عند تقسيم تصنيف أنواع الصخور المختلفة في البند التالي للصخور ذات التركيب المعدني الواضح ، ويوضح الجدول التالي أهم المعادن المكونة للصخور ويتضح منه أن المعادن الأولية (primary) تتواجد في الصخور النارية ، أما المعادن الثانوية التي تتكون بتحول المعادن الأولية نتيجة تفاعلها مع الهواء والماء لقرنها من سطح الأرض تتواجد في باقي الصخور .

ب) الكوارتز (سيليكات) : أحد مكونات الصخور صلب جداً له بريق زجاجي أو شمعي وهو يختلف الألوان فلما أبيض أو رمادي ، وتعتبر الشوائب سبباً في ظهور ألوان أخرى للكوارتز . وعموماً فهو يشبه الزجاج الصناعي إلى حد كبير وتظهر بلوراته على شكل منشور سداسي ويظهر الكوارتز في الصخور النارية أو المتحولة على شكل حبيبات غير منتظمة مختلطة بمواد أخرى، أما في الصخور الرسوبية فيظهر على شكل حبيبات زاوية أو مستديرة (خاصة في الحجر الرملي) وعلى اختلاف عن المكونات الأخرى للصخور فإن الكوارتز لا يتأثر كيميائياً بموامل التعرية .

الصخور الرسوبية : ترسبية ومعدنية من كسر الأحجار وإلحاق المواد الصلبة

المجموعة	المكونات المعدنية		نوع الصخر
كلاسيك (طريف من طلع)	قطع صخرية	معدنية	كلاسيك
	أكبر من ٢ م	زائفة	برشا
	حبيبات معدنية (سيليكات) ذات حجم من ١/١٦ م إلى ٢ م	حجم رمل	
	جزيئات من الطين والطين ذات حجم أقل من ١/١٦ م	طال	Shale
بالور كلاسك كيمائ	كلاسيك وخرابة رقيقة ناعمة كالسيت	طال	Shale
	دولوميت	دولوميت	
	بلورات سيليكات دقيقة	شست	Shale

تختلف من الأخضر إلى البني إلى الأسود أو الرمادي وتحلل إلى بني بسرعة إلى مكونات الطين وأكاسيد الحديد والكربونات المذابة .

(ك) ليمونيت : Limonite :

طرى له لون بني مصفر أو بني عمر ذو حبيبات ناعمة ويعتبر عاملاً مشتركاً ومادة لاحمة للصخور الرسوبية وهو المكون الأساسي لصخور اللاتريت .

(ل) مكونات الطين :

عبارة عن رقائق لينة عادة ما تختلط بالشوائب من الأنواع المختلفة من مكونات الصخور خاصة السيليكا والليمونيت والجير ويشكل الطين الجزء الأكبر من التربة وأحجار الطفل والأرذواز ويشكل الطين بمكوناته أيضاً أهم شوائب الأحجار وتتميز هذه المكونات بطعمها ورائحتها المميزة .

أسلوب التعرف على الصخور :

(أ) يوضح الجدول (الذى يبين الأسلوب المبسط للتعرف على الصخور) الذى بنى على مظهر وخصائص عينات الصخور الطازجة النظيفة .

(ب) وتتبع خطوة أساسية لتقسيم الصخور بتصنيفها إلى ٦ أقسام عامة اعتماداً على مظهرها العام وبإجراء بعض الفحوص الفيزيائية والكيميائية البسيطة يمكننا الوصول إلى صورة أكثر تحديداً حتى نصل لنوع الصخر بين أيدينا .

(جـ) إذا لم يسعفنا الجدول الموضح في التعرف السريع والدقيق على نوع الصخر فإنه يمكننا الاستعانة بالبيد الذى يتضمن وصفاً تفصيلياً للأنواع الرئيسية للصخور .

(ز) الأوليفين (زيتون) Olivine :

صلب جداً وكثيف يتكون على شكل حبيبات خضراء مصفرة أو خضراء زيتونية غامقة أو بنية زجاجية المظهر ويتواجد في الصخور الغنية بالحديد خاصة الجاهرو والبازلت وتحلل الأوليفين إلى أكاسيد الحديد والسيليكا المذابة .

(ح) الكلورايت :

طرى جداً بلون أخضر رمادي إلى أخضر غامق وله مظهر براق ويتواجد على شكل قشور أو كتل أو رقائق في الصخور المتحولة خاصة الشمس ويتكون الكلورايت من الأمفيبول والبيروكسين بموامل التعرية والتحول .. وتحلل هو بعد ذلك بنفس العوامل إلى مكونات الطين وأكاسيد الحديد .

(ط) الجير (الكالسيت) :

طرى عادة لا لون له أو أبيض اللون ويتميز بسرعة تفاعله مع حامض الهيدروكلريك وهو المكون الرئيسى للقشريات البحرية ويتواجد كما تكون على شكل زجاجي غامق ذو بلورات ضخمة ويدخل في تركيب الرخام كحبيبات دقيقة أو خشنة وحبيبات مستديرة مخملية أو مدكوكة في الحجر الجيري ويعتبر مادة لاحمة في الصخور الرسوبية وتحلل بلوانه في المياه الحامضية أو المحتوية على أكسيد الكربون .

(ى) الدولوميت : Dolomite :

يشبه إلى حد كبير الجير ويختلف عنه أنه أكثر صلابة وأكثر

جدول يبين المعادن المكونة للصخور

م	الاسم	التركيب
المعادن الأولية		
١	كوارتز (سيليكا)	ثاني أكسيد السيليكون
٢	مجموعة الفلدسبار فلدسبار البوتاسيوم بلاجيوكلاس	سليكات البوتاسيوم والألمنيوم . سليكات الصوديوم والكالسيوم والألمنيوم .
٣	مجموعة الميكا مسكوفيت بيوتيت	سليكات البوتاسيوم والألمنيوم . سليكات البوتاسيوم والمغنسيوم والحديد والألمنيوم .

م	الاسم	التركيب
٤	مجموعة الأمفيبول هورنبلند	خليط من مركبات السليكات أساساً . الكالسيوم والمغنسيوم والحديد والألومنيوم .
٥	مجموعة البيروكسين أوجيت أوليفين	سليكات الكالسيوم والحديد والمغنسيوم والألومنيوم . سليكات الحديد والمغنسيوم .
المعادن الثانوية		
١	كلورايت	سليكات الحديد والمغنسيوم والألومنيوم .
٢	كالسيت	كربونات الكالسيوم
٣	دولوميت	كربونات الكالسيوم والمغنسيوم .
٤	بيوليت	أكاسيد حديد .
٥	مجموعة الطين	خليط من مركبات السليكا المحتوى على بعض المعادن .

الخصائص الهندسية للصخور :

سنوضح في الفقرات التالية مختصر عام لتعريف الخصائص الهندسية للصخور كما سنوضح في الجداول التالية ، تقييم الصخور الرئيسية بالنسبة للخصائص الهندسية المذكورة وبعض الخواص الطبيعية الأخرى .

أ) الصلابة **tough ness** : عبارة عن المقاومة للكسر أو السحق وتقاس هذه الخاصية في الموقع بمحاولة كسر الحجر بالطريقة أو مقياس مقاومته للاختراق بمثقاب .

ب) الصلادة **Hardness** عبارة عن مقاومة الخدش أو التآكل نتيجة البرى وتقاس في الموقع بمحاولة خدش الحجر بسكينة صلب فالخجاجة الطرية تخدش بسهولة أما الصلدة فيصعب أو يستحيل خدشها بالسكينة .

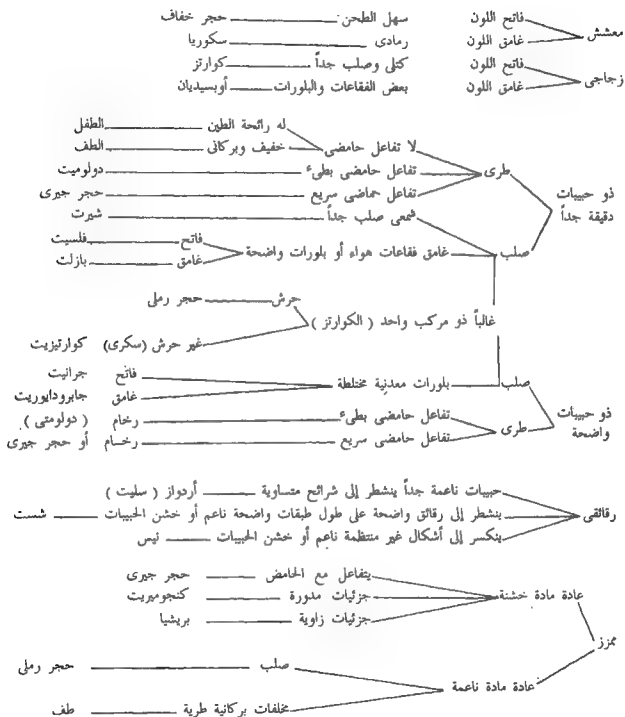
ج) المتانة **Durability** عبارة عن مقاومة التفكك نتيجة تغير التعرض للجفاف والبلل والتجمد وذوبان الجليد وتشاهد في الموقع بمراقبة تأثير العوامل الجوية على سطح المعرض للصخر .

د) الثبات الكيماوى **Chemical stability** عبارة عن مقاومة التفاعل مع المواد القلوية فى الأسمنت البورتلاندى فبعض أنواع الصخور تخمى أشكال مختلفة من شوائب السليكا التى تتفاعل مع القلويات فى الأسمنت تتكون مادة جيلاينية تمتص الماء وتمدد فى الخرسانة المتصلبة مسببه شروخ فى هذه الخرسانة ويمكن التعرف على هذه الخاصية بمقارنة الصخر بنوع منه استخدام ركامه فى خرسانة موجودة ومراقبة أى تغيرات فى هذه الخرسانة .

هـ) شكل الكسر **crushed shape** تعطى الصخور التى تنكسر إلى أجزاء غير منتظمة الشكل أفضل أنواع ركام المنشآت حيث يسهل دكها جيداً نتيجة تداخلها مع بعضها مع أعضاء توزيع حمل جيد فى جميع الاتجاهات . أما الصخور التى تنكسر إلى أجزاء مستطيلة أو شرائح فإنه يصعب دكها مع أعضاء توزيع حمل غير جيد .

و) خصائص السطح **Surface character** يقصد بهذه الصفة أساساً قوة التماسك التى يديها سطح أجزاء الصخر بعد تكسيره فالأنواع التى تعطى سطحاً ناعماً جداً مانعاً للامتصاص يصعب التصاقها بالمواد اللاصقة (الأسمنت) وبالتالي تقل مقاومتها للأحمال أما الأنواع التى تعطى سطحاً خشناً فإنها تعطى الترابط المطلوب أما السطح الخشن جداً فإنها تقاوم البك وتتطلب مواد أسمنتية كثيرة .

أسلوب مبسط للتعرف على الصخور



جدول يبين تقويم الخصائص الهندسية لبعض الصخور

نوع الصخر	الصلابة	الصلادة	المثانة	الثبات الكيماوى	خصائص السطح	شكل الكسر
الجرانيت	جيد	جيد	جيد	ممتاز	مقبول إلى جيد	جيد
ديوريت	ممتاز	ممتاز	ممتاز	ممتاز	ممتاز	جيد
بازلت	ممتاز	ممتاز	ممتاز	ممتاز	ممتاز	مقبول
فلسيت	ممتاز	جيد	جيد	ممتاز	مقبول	مقبول
بريشيا	ضعيف	ضعيف	ضعيف	متغير	جيد	مقبول
الحجر الرملى	متغير	متغير	متغير	جيد	جيد	جيد
الطفلى	ضعيف	ضعيف	ضعيف	جيد	جيد	ضعيف
الحجر الجبرى	جيد	جيد	مقبول	جيد	جيد	جيد
الشيرت	جيد	ممتاز	ضعيف	ضعيف	مقبول	ضعيف
نيس	جيد	جيد	جيد	ممتاز	جيد	مقبول إلى جيد
شست	جيد	جيد	مقبول	مقبول	ضعيف إلى مقبول	ضعيف إلى جيد
أردواز	جيد	جيد	مقبول إلى جيد	ممتاز	جيد	ضعيف إلى مقبول
كوارتزيت	ممتاز	ممتاز	ممتاز	ممتاز	جيد	مقبول
رخام	جيد	مقبول	جيد	جيد	جيد	جيد

(ز) الكثافة Density : هي وزن أو حدة الهجوم وتؤثر الكثافة على أعمال الحفر والتأجير وتعطى مؤشراً هاماً لخصائص الصلابة أو المثانة كما أن الكثافة قد تعتبر عاملاً رئيسياً عند اختيار نوع معين من الأحجار لعمل هندسى معين .

وصف بعض أنواع الصخور :

(أ) الجرانيت : عبارة عن صخر بلورى صلب كتلى فاتح اللون يتربك أساساً من فلدسبار البوتاسيوم والكوارتز عادة مع الميكا والمورنيلند وتندرج ألوانه من الأبيض إلى الرمادى مع ظلال وردية أو حمراء بنية وعموماً فالجرانيت صلب ومقاوم للكسر ومتين مع الزمن تشهد بذلك آثار القراعة ويصلح لأساسات المباني وركام لجميع أنواع الإنشاءات (خرسانية - طرق) والأنواع ذات الحبيبات الناعمة منه أكثر صلابة ومتانة عن الأنواع ذات الحبيبات الخشنة ويحلل أسرع إذا تعرض لتغيرات حادة مستمرة في درجات الحرارة أو بتأثير الصقيع .

ويجب أن نلاحظ أن الأنواع ذات الحبيبات الخشنة جداً من الحجر الجرانيتى أو العينة بالكوارتز لا تتفحم جيداً بالمواد اللاصقة خاصة الأسفلت ويجب أن تستخدم بعض المواد المضادة للانفصال (stripping) عندما يستخدم الجرانيت في الرصف

(ج) الجابرو والدايوريت : يشكلان مجموعة من الصخور الكثيفة الصلبة ذات البلورات الخشنة والألوان الغامقة التي تتكون أساساً من معدن واحد أو عدة معادن والفلدسبار ولما كان من الصعب التعرف على هذين النوعين من الصخور منفصلين في الموقع فقد سميا باسم واحد وهو (الجابرو دايوريت) ويحجر البليتوريت أحد أنواع الجرانيت الغامق ويتركب أساساً من البلاجيوكلاس مع المورنيلند والبيوتيت

(و) **الحجر الخفاف** : حجر معشش ذو لون فاتح يطفو على سطح الماء بسبب فقاعات الغاز الكثيرة به والمتقاربة والتي تعطيه أيضاً خاصية العزل ويمكن استخراجه من الحجر بأدوات الحفر العادية ويستخدم في الخرسانة الخفيفة ضعيفة القوة ويستخدم معه أسمنت خاص منخفض القلوية .

(ز) **السكوريا** : يشبه هذا الصخر إلى حد كبير خيث الأفران وهو ذو مظهر حجري أو زجاجي أو خليط من هذين النسيجين وله لون أحمر بني إلى رمادي غامق أو أسود ويحتوي السكوريا على فقاعات هواء أكبر وأكثر تباعداً من تلك التي توجد في الحجر الخفاف ولذلك فالسكوريا أكثر كثافة من الحجر الخفاف أو أكثر صلابة منه ويستعمل هذا الحجر في الخرسانات الخفيفة ويستخدم معه أسمنت خاص منخفض القلوية .

(ج) **الكجولميرات والبريشيا** : يشبه هذا الصخر في مظهره الخرسانة العادية حيث يحتوي على حبيبات كبيرة في حجم الزلط يصل بينها تركيب من حبيبات أكثر نعومة ويتواجد هذا الصخر على درجات متفاوتة من التركيب والشكل ويتميز بخصائصه الهندسية الغير جيدة ولذلك يجب تجنبه في الإنشاءات ولكنه قد يستخدم بعد طعنه تحت الأساس في الطرق والمطارات .

(ط) **الحجر الرمل** : حجر ذو حبيبات متوسطة إلى خشنة صلب ذو مظهر خشن (حشن) يتكون أساساً من رمل (١/١٦ مم إلى ٢ مم) وحبيبات الكوارتز وأحياناً فالديسبار وكالسيت أو طين وتتنوع خصائص الحجر الرمل طبقاً لتنوع تركيبه فالحجر الرمل المكون من الكوارتز التنظيف المتلاحم بالسليكا أو أكاسيد الحديد يمثل مادة جيدة للإنشاءات أما الحجر الرمل المحتوي على الطين فهو ضعيف أقل صلابة وأقل متانة ويجب تجنبه في الإنشاءات .

(ي) **الطفل** : عبارة عن حجر رسولى طرى مركب من حبيبات دقيقة جداً من الكوارتز (طمي) ومواد طينية وسليكا وأكسيد حديد ومواد طينية ولاحة من الكالسيت ويتشكل الطفل في الطبيعة في طبقات رقيقة ويطحن إلى رقائق وله طعم ورائحة الطين ويتواجد عادة مع طبقات الحجر الرمل أو الحجر الجيري وتفتح عجاجر الطفل بالأدوات العادية دون استخدام التفجير وهو يمثل مادة إنشائية ضعيفة إلا إذا استخدم كخام لصناعة الطوب .

(ك) **الطف** : حجر ذو كثافة أقل طرى يتركب أساساً من حبيبات وأتربة بركانية دقيقة وألوانه الأبيض والأصفر والرمادي والوردي والبنّي الفاتح والرمادي البني الغامق وله بعض الرائحة

والأوجيت وبعون أى كوارتز أو بوتاسيوم فلديسبار .

أما الجابرو فيتركب أساساً من الأوجيت والزيتون أو المورنيلند مع البلاجيوكلاس وألوانه عادة أخضر غامق أو أسود أو بني وعموماً فإن الجابرو دايوريت يحتر أساساً قوياً وركاماً ممتازاً لكل أنواع الإنشاءات ورغم أنه مكلف عند تقطيعه واستخراجه من الحاجر .

(د) **البازلت** : عبارة عن حجر دقيق الحبيبات صلب كثيف غامق الألوان يتدرج من الرمادي الغامق إلى الأسود أو الأخضر مسود أو بني وتتاثر البلورات الكبيرة في تركيبه من مواد الزيتون الأوجيت أو البلاجيوكلاس كما تتأثر به أيضاً بعض فقاعات الغاز والنوع ذو الحبيبات الخشنة من البازلت يسمى (الديابيز) ورغم أن البازلت ينكسر إلى رقائق بحجم ٢ - ٣ سم إلا أنه يعتبر أحد أنواع الركام الممتازة .

(هـ) **الأوبسديان** : عبارة عن حجر غير صلب لامع عادة ذو لون أسود أو بني أو أحمر ويحتوي على فقاعات هواء متناثرة وبلورات واضحة وهو مثل الزجاج وهو حجر غير الصناعي ينكسر إلى شظايا حادة الأطراف وهو حجر غير ثابت كيميائياً ضعيف ولا يصلح كركام للمباني .

جدول يبين الكثافة المتوسطة لبعض الصخور

الصخر	جم/سم ^٣	رطل/قدم مكعب
الحرانيت	٢,٦٥	١٦٥
سبيت	٢,٧٤	١٧١
فلسيت	٢,٦٦	١٦٦
ديوريت	٢,٩٢	١٨٢
جابرو	٢,٩٦	١٨٥
ديابيز	٢,٩٦	١٨٥
بازلت	٢,٨٦	١٧٨
حجر رمل	٢,٦٦	١٦٦
دولوميت	٢,٧٠	١٦٩
شيرت	٢,٥٠	١٥٦
حجر رمل	٢,٥٤	١٥٩
كجولميرات	٢,٦٨	١٦٧
بريشيا	٢,٥٧	١٦٠
الطفل	١,٨-٢,٥	١١٢-١٥٦
التيس	٢,٧٤	١٧١
شست	٢,٨٥	١٧٨
كوارتزيت	٢,٦٩	١٦٨
رخام	٢,٦٣	١٦٤

(ف) الكوارتزيت : عبارة عن صخر صلب جداً ذو حبيبات دقيقة أو خشنة وهو يتكون أساساً من الحجر الرمل (صخور متحولة) وهو يختلف عن الحجر الرمل في شكل الكسر فهو يتكسر على طول الحبيبات نفسها وليس حولها كما في الحجر الرمل ولذلك فسطح الأجزاء المنكسرة منه ليست خشنة المظهر (حرة) وإنما لها مظهر كسر مكعبات السكر ويعتبر الكوارتزيت أحد أصلب وأمن الأحجار وهو يمثل مادة بناء ممتازة إلا أن استخراجها من المحاجر مكلف جداً ويجب إضافة مواد مساعدة لتقليل الانفصال عند خطفه في الحفرانة الأسفلتية وذلك لوجود الميكا به .

(ص) الرخام : عبارة عن صخر متحول من الحجر الجيري أو الدولوميت وهو طرى ذو بلورات دقيقة أو خشنة ويتميز بأنه طرى ويتفاعل مع الحمض وله مظهر السكر للحجارة المكسرة حديثاً وبشبه الرخام الجيري التبلور في خصائصه الهندسية الحجر الجيري التبلور ولكن يجب تجنب استخدامه في أساسات الطرق السريعة وممرات نزول الطائرات وعادة يتكون الرخام بلون الشوائب الموجودة فيه .

قدرة تحمل الصخر :

أولاً : هو ذلك الجزء من القشرة الأرضية الذي يتميز بالصلب والمتماسك والصلادة العالية . وهو عبارة عن كتل طبيعية من مواد معدنية شديدة الترابط لا تكسر بسهولة باليد البشرية ولا يمكن تقطيعها عند تعرضها للثورة واحدة من الجفاف والبلل . ويعتبر الصخر أفضل التكوينات الجيولوجية التي يمكن التأسيس عليها . ولكن يجب على المصمم أن يكون حذراً من المخاطر التي قد تنجم عن ظروف غير مواتية تصاحب تكوين الصخور وتؤدي إلى حركة كبيرة أو فشل مفاجيء . لذلك يجب أن يحظى تصميم الأساسات على الصخور بنفس الدقة والعناية المتبعة لأنواع التربة المختلفة .

وهناك بعض التكوينات التي تصنف جيولوجياً على أنها نوع من الصخور ولكنها يجب أن تعامل هندسياً كنوع من أنواع التربة وذلك مثل :

— الصخور اللينة أو الصخور ضعيفة التلاحم والتي تقل مقاومتها تحت اختبار الضغط الغير محاط عن ١٠٠٠ ك نيوتن / م^٢ (١٠ كجم / سم^٢) .

— المواد التي يمكن الحفر فيها بالوسائل اليدوية مثل الكريك والمول .

— الرمل أو الزلط المتحجر والتي لا يمكن التلاحم فيها مستمراً .

ومن التكوينات الطبيعية التي تنطبق عليها التوصيفات

الطين . إذا بلل بالماء ويمكن تمييز هذا الحجر بتواجد شظايا زجاجية أو حجر جاف في النوع الأكثر تماسكاً . أما النوع الخليخل التركيب فهو طباشيري حرش ومترب . والطفل ضعيف يسهل تجريفه ويضاف له مادة مساعدة ومعادلة للتفاعل القلوي للركام ويستخدم كحشو أو طبقة أساس .

(ل) حجر الجيري : حجر طرى إلى متوسط الصلابة يتربك أساساً من الكالسيت على أشكال قشرية أو بلورية أو حبيبية ويتميز بسرعة تفاعله مع حمض الهيدروكلوريك ولونه أبيض يتدرج إلى الظلال الرمادية أو السوداء وأي ألوان أخرى تنتج من الشوائب ويصلح النوع الشائع منه للأغراض الإنشائية وفي هذا الحجر تزايد الصلابة والثبات بتزايد كميات السليكا ولكن إذا دخل في تركيبه أكثر من ٣٠٪ سليكا ينتج منه مشكلة التفاعل القلوي للركام ويستخدم هذا الحجر على نطاق واسع كطبقة أساس للطرق وذلك بعد تكسيره ورشه بالماء ودكه .

(م) الدولوميت : يمثل الحجر الجيري إلى حد كبير ويميز ببطء تفاعله مع حمض الهيدروكلوريك ولا يظهر هذا التفاعل البطيء إلا بعد خدش الحجر بسكين مثلاً ويستخدم مثل الحجر الجيري .

(ن) الشيريت : عبارة عن حجر صلب جداً ذو حبيبات دقيقة جداً ويتربك من بلورات سليكا ميكروسكوبية مترسية من ماء البحر أو المياه الجوفية ويتواجد كطبقات غير منتظمة متداخلة مع الحجر الجيري أو الدولوميت ولونه أبيض متدرج للرمادي ويتكسر هذا الحجر إلى رقائق شبيهة المظهر وبعض الأنواع لها مظهر معتم وينتج معظم أنواع الشيريت تفاعلاً قلويًا مع الأمست البروتلاندى ويتطلب معظمها أيضاً استخدام عوامل مساعدة عند الخلط أيضاً بالمواد البيتومينية ويستخدم هذا الحجر في إنشاء الطرق إذا لم يوجد أفضل منه .

(س) التأسيس (نيس) : عبارة عن حجر متوسط إلى كبير الحبيبات ويتربك من شرائح متداخلة من مواد معدنية مختلفة ذات سبك منتظم أو متفرغ وهو يتكسر إلى كتل غير منتظمة الشكل ومائل الصخور الجرانيتية في الاستخدام والخواص وفي حالة تزايد كميات الميكا به فإنه يسمى شست .

(ع) الشست : يشبه التأسيس إلى حد كبير ويختلف عنه في وجود طبقات رقيقة متوازنة من الميكا والكوريت والمورتلند أو بعض البلورات الأخرى وكفاءة فإن الطبقات المتجاورة من الشست تتربك من نفس المواد المعدنية وهو يتكسر على طول طبقات إلى أجزاء رقائقية وهو لا يصلح للأعمال الإنشائية عدا كإدانة طبقة الأساس وأحياناً بعض أنواع الخرسانة العادية .

السابقة : الصخور الضعيفة جداً كالطباشير والطين الجبرى ،
والرماد البركاني ، والصخور المطحونة ، والصخور ذات
الفواصل المستمرة المتقاربة المسافات والترتبة المحتوية على كسر
الصخور .
على :

١ - تصنيف الصخور طبقاً لمقاومتها القصوى :

ويمكن تصنيف الصخور طبقاً لمقاومة الضغط غير المحاط باستخدام الجدول التالى :

جدول يبين تصنيف الصخور طبقاً لمقاومة الضغط غير المحاط

نوع الصخر	مقاومة الضغط غير المحاط	
	ميغا نيوتن / م ^٢	كجم / سم ^٢
قوى (صلب) للغاية	$200 <$	$2000 <$
قوى (صلب) جداً	$100 - 200$	$1000 - 2000$
قوى (صلب)	$50 - 100$	$500 - 1000$
متوسط القوة (الصلابة)	$12.5 - 50$	$125 - 500$
متوسط الضعف	$5 - 12.5$	$50 - 125$
ضعيف	$1.25 - 5$	$12.5 - 50$
ضعيف جداً .	1.25	$12.5 \geq$

٢ - تصنيف الصخور طبقاً للمسافات بين الفواصل :

وتحدد قيمة معامل جودة الصخر بجمع أطوال العينات البنية
(core samples) التى لا يقل طول كل منها عن ١٠٠ ملم .
وتحسب قيمة (RQD) كنسبة مئوية لهذه الأطوال بالنسبة
لطول الحفر (core run) أثناء استخراج هذه العينات .
ويمكن تقسيم جودة التكوينات الصخرية طبقاً لقيمة معامل
جودة الصخر كما على :

جدول يبين تصنيف الصخور طبقاً

لقيم معامل جودة الصخر

جودة الصخر	قيمة معامل جودة الصخر (%)
ضعيفة جداً	أقل من ٢٥
ضعيفة	٢٥ - ٥٠
متوسطة	٥٠ - ٧٥
جيدة	٧٥ - ٩٠
ممتازة	٩٠ - ١٠٠

تتراوح المسافات بين الفواصل فى التكوينات الصخرية من
متباعدة جداً إلى متقاربة جداً ويمكن تصنيفها كالتالى :
— مسافات متباعدة جداً : تزيد المسافات بين الفواصل فى
المتوسط عن ٣ متر .
— مسافات متباعدة : تتراوح المسافات بين الفواصل فى
المتوسط من ١ - ٣ متر .
— مسافات متقاربة نسبياً : تتراوح المسافات بين الفواصل
فى المتوسط من ٠,٣ - ١,٠ متر .
— مسافات متقاربة : تتراوح المسافات بين الفواصل فى
المتوسط من ٥٠ - ٣٠٠ سم .
— مسافات متقاربة جداً : المسافات بين الفواصل فى
المتوسط أقل من ٥٠ سم .
ويمكن الاستعانة بقيم معامل جودة الصخر (RQD)
quality designation
لتصنيف التكوين الصخرى طبقاً للمسافات بين الفواصل
وطبيعتها .

توجد فواصل مفتوحة) ويمكن تقدير قدرة التحمل المسموح

بها من المعادلة الآتية :

$$q_{all} = K_{sp} \cdot q_{u-core}$$

حيث :

q_{all} = قدرة التحمل المسموح بها باعتبار معامل أمان مقداره

٣ .

q_{u-core} = مقاومة الضغط غير المحاط لعينات الصخر .

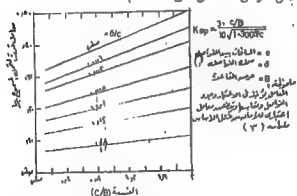
K_{sp} = معامل يعتمد على المسافات بين الفواصل كما هو موضح

بالجداول التالى .

جدول يبين قيم المعامل K_{sp}

K_{sp}	المسافات بين الفواصل
٠,٤٠	متباعدة جداً (< ٣ متر)
٠,٢٥	متباعدة (١ - ٣ متر)
٠,١٠	متقاربة نسبياً (٠,٢١ - ١,٠ متر)

ومن الجدير بالذكر أنه يمكن اعتبار التكوينات الصخرية المحتوية على فواصل متقاربة نسبياً (٣ - ١,٠ م) كحالة انتقالية بين الصخر السليم والصخر الغير سليم والشكل التالى يوضح العوامل التى تؤثر على المعامل (K_{sp}) وبين تأثير الفواصل على قدرة التحمل . وهذه العلاقة صالحة للصخور التى لا تقل المسافات بينها عن ٣٠٠ م وسحبها أقل من ٥ م أو سحبها أقل من ٢٥ م لو كانت محتوية على مواد مائنة على ألا يقل عرض الأساس عن ٣٠٠ م .



تكملة لجدول يبين قيم المعامل K_{sp} يعتمد على المسافة بين الفواصل

رابعاً : الأساسات الضحلة على الصخر غير السليمة :

. تعتبر الصخور غير سليمة إذا كانت الفواصل شديدة التقارب أو إذا كان الصخر مفتتاً أو متكسراً . وفي هذه الأحوال يعامل الصخر معاملة التربة غير المتجانسة وتصمم الأساسات على

ومن الجدير بالذكر أن كسر العينات اللينة أثناء الحفر أو نقل العينات يمكن ملاحظته بوجود كسر حديث غير منتظم في حين أن سطح الانفصال الطبيعي يكون عادة أكثر انتظاماً نتيجة عوامل جيولوجية قديمة ، لذلك يجب ضم العينات المكسورة نتيجة عوامل غير جيولوجية معاً واعتبارها قطعة واحدة . وفي جميع الأحوال من المفضل قياس أطوال العينات اللينة أثناء عملية استخراج العينات وتسجيل طول حفر الماكينة core run لكل منها حيث إن بعض أنواع الصخر قد تتأثر بحرارة الجو ورطوبته .

وللحصول على نتائج جيدة لقيم معامل جودة الصخر فمن المفضل استخدام اللواصر الثنائية (Double - tupe core) Barrels ذات قطر لا يقل عن ٥٤ ملليمتر .

٣ - تصنيف الصخور طبقاً لطبيعة واتجاه الفواصل :

يمكن وصف طبيعة الفواصل في الصخور طبقاً لعرض هذه الفواصل ودرجة أسطح تلاصق الصخور للعوامل الجوية بالإضافة إلى خواص المواد المائلة لهذه الفواصل . وتتأثر صلاحية الصخر لأغراض التأسيس إلى حد كبير باتجاه الفواصل بالنسبة لاتجاه الحمل المؤثر . حيث إن وجود فاصل تحت الأساس قد يقلل من قدرة تحمل التكوين الصخرى . ويمكن وصف التكوين الصخرى بأنه يتخلى على فواصل ذات اتجاه خرج إذا كان هناك احتمال للانزلاق على سطح الأرض الفاصل تحت تأثير محصلة أحمال الأساس .

تالياً : الأساسات الضحلة على الصخور السليمة : الصخر السليم هو الصخر الذى تزيد قيمة المسافات بين الفواصل عن ١,٠ متر وتزيد المقاومة الضغط الغير محاط له عن ١٠٠٠ كيلو نيوتن / م^٢ (١٠ كجم / سم^٢) ويشتمل هذا النوع الصخر ذات المقاومة الضعيفة جداً .

وعموماً فإن مقاومة هذا النوع من الصخور تزيد كثيراً عن متطلبات التصميم بشرط أن تكون الفواصل فيه من النوع المقفول أن يكون اتجاهها غير حرجياً بالنسبة للقوى المؤثرة .

ولذلك يجب دراسة النقاط التالية بدقة قبل التصميم :

— تحديد نوع وأماكن وجود الفواصل الواقعة في مجال تأثير الأساس ويشمل ذلك تحديد سلك هذه الفواصل .

— تحديد مقاومة مادة الصخر .

— ويجب أن يقوم بإجراء هذه الدراسة متخصصون في هذا المجال . ويتم التحديد النهائي لقدرة تحمل الصخر بعد دراسة وتحليل تأثير الفواصل على الأساس . وعلى سبيل المثال في حالة تكوين صخري ذى خصائص غير حرجية (سطح الصخر عمودى على الأس) الحمل المؤثر ليس له مركبة مماسة ، ولا

ويضغط ضغطاً جيداً حتى يصل إلى أقصى كثافة ثم يوضع فرشاة من الخرسانة المادية وذلك في حالة المبنى الخفيفة من الخشب أو أحد هذه الأنواع .

جـ (في حالة المبنى بمحاطات حاملة يجب إزالة جميع الشوائب من السطح والوصول إلى عمل مصاطب مناسبة مختلفة وتكون للمصاطب بعد تزع الشوائب قوية لتحمل بناء المحاطات عليها ولا تزيد المبنى عن ارتفاع دورين على الأكثر فقط حيث تكون المحاطات حاملة وذلك كما في الشكل التالي .

والهدف من التفجير في الصخر هو تخشين السطح وبالتالي منع الخرسانة من الانزلاق .

د (في حالة وجود انحدار كبير بالموقع يجب عمل مصرف لصرف الماء عند أعظم نقطة لمنع تشبع الأساسات بالماء .

هـ (بعد عمل المصاطب والتسوية يتم البناء للمحاطات من أسفل بمجارة كبيرة على مرقدتها بمونة أممتية قوية ولا يقل عن ثلاثة مداميك كما في الشكل التالي (c) .

ضوء قواعد ميكانيكا التربة . وعموماً فإنه من الصعب تعيين أو تقدير قيمة معاملات المقاومة الداخلة في حساب قدرة تحمل هذه الصخور .

خامساً : التأسيس في حالة وجود الصخر على سطح الأرض أو قريب منها :

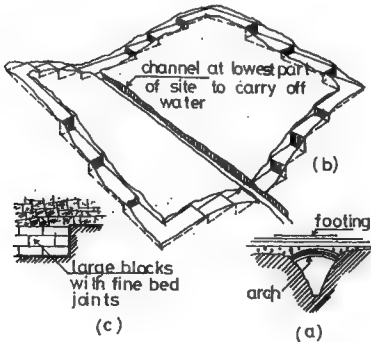
أو كان موقع الصخر مستواه متقارب يجب تسويته جيداً وذلك عند إزالة الأجزاء الغير لازمة والغير مستوية وتجميعها وعمل الأجزاء المفككة منه خرسانة للتسوية ، أحياناً تحدث تشققات فإذا كانت سطحية يمكن ملأها بالخرسانة أو سد هذه الفجوات إذا كانت كبيرة بعمل قو كما في الشكل التالي (a) .

لو كان الموقع مائل إلى الداخل أو أجوف فيجب قطع الأجزاء الغير اللازمة والحشة إما بالتقطيع اليدوي أو بطريق التفجير ونظراً لأن الموقع المراد تسويته ربما يكون به تنوعات كبيرة فيجب تسويتها بأى إحدى الطريقتين الآتيتين .

أ (التسوية بخرسانة عادية .

ب (التسوية بالآتربة الناتجة من التفجير أو الحفر مع استبعاد المواد الشائبة ثم يضغط بهراس اهتزازي vibratory rollers

طريقة الأساسات السطحية على الصخر بطريقة المصاطب



ملحوظة :

وتوصل إليها مياه الجارى بعد معالجتها عن طريق ضخ طلمبة من الحطة . وفى نهاية مواسم الضغط توجد شبكة رشاشات تطلق منها الماء شبه رزاز فتبخر منها جزء من الهواء والباقي يسقط على الأحجار وهذا التفتق قام بتصميمه مكتب استشارى أمريكى . وقد تم سرد هذه التينة للتعرف على طبيعة هذا العمل .

ثانياً : هذا المكتب قام بحمل ميزانية شبكية للموقع وحاول تصميم هذه المنشآت بحيث لا يتم التفجير بكثرة إلا في حدود ضيقة وربط هذه الباني ببعضها بواسطة طرق وسلاسل ولم يكن هناك حفر ذات أعماق إلا مكان محطة معالجة المياه وتم تصميم هذا القنديل برسومات مقاس ١ : ٢٠٠ دون أية تفاصيل وأرفق بهذه الرسومات كتاب يشتمل على المواصفات المطلوبة لهذه الباني باللغة الإنجليزية دون حصر كميات هذه الأعمال أو رسومات إنشائية وطلب من الشركات التي ستدخل في هذا المشروع عمل الرسومات الإنشائية وشجع التفاصيل التي سيتم إعطاؤها التنفيذ وأن السعر سيوضح لإجمالي هذا الموقع تسليم مفتاح (بالمطوعة) ويتم البت في المعطاء لأقل سعر إجمالي ولأحسن مواصفات تقدم من الشركات الدارسة للمعطاء .

ثالثاً : تقدمت عملاً للشركة التي أعمل بها لدراسة هذا العطاء فكان إلزاماً على اتباع الخطوات التالية :

(١) إعادة مراجعة الميزانية الشبكية للتحقق من الميزانية الشبكية التي تمت بمعرفة المكتب المصمم لتقدير قيمة الخفر والورد ونوعية المتفجرات التي تصلح لهذا العمل وتقدير قيمة هذا البند بالتقود .

٢) تم التصميم الإنشائي لهذه الرسومات وعلى ضوئها تم تقدير الكميات اللازمة من جميع البنود من خرسانة عادية ومسلحة ومباني وبلاط وبياض وخلافه أى تم عمل دفتر حصر لهذا العمل .

(٣) قلّرت هذه الكميات بما تساويه من مبالغ بالإضافة إلى بند الحفر والتشجير وجميع المعدات اللازمة لهذا الفندق اللازمة للمجارى والمياه وخلافه وكان إجمالى هذا العطاء مليون وسبعمئة ألف جنيه سنة ١٩٧٧م علماً بأن جميع الإنشاءات الخشبية وما يلزم للفندق قامت به شركة أمريكية .

تم التنفيذ حسب الخطوات التالية

(١) بخصوص الحفر تم جميعه بطريقة التفجير وذلك للأمكنة التى منسوبها أعلا من المنسوب المطلوب للمبنى وكان بعض المباني يتم حفر جزء منه والباقي يتم ردمه بنتائج الحفر وكان ذلك بطريقة النسف الحفر حيث كان بجوار هذا الفندق مغارة

إذا كان البناء مرتفعاً لعدة أدوار فهناك تجربة لعمارتين تم تشييدهما في المقطم فتم أولاً عمل جستان .

العمارة الأولى : ظهر في الجبسة ثلاثة أمتار طفلة من السليط العلوي ثم ثمانية أمتار صخر سليم حتى آخر الجبسة فثم حفرة الثلاثة أمتار الطفلة ثم تم حفر متر من الصخر السليم وتم عمل أساسات عبارة عن خرسانة عادية بسبك ٣٠ سم للتوسية ثم عمل قواعد مسلحة منفصلة بارتفاع متر على الأقل وصممت الأساسات على أن الأساسات تتحمل ١٢ طابقاً .

— أما العمارة الثانية المجاورة فظهر في الجسنة ثلاثة أمتار طفلة من سطح الأرض ثم ثلاثة أمتار صخر عند ٦ متر ثم ٢ متر صخر مختلط به طفلة ٦ م إلى ٨ م ثم صخر منسوب ١٢ متر فثم حفر ثلاثة أمتار طفلة ثم ٥٠ متر من الصخر وتم صب خرسانة عادية بارتفاع ٣٠ سم وتم عمل أساسات مستمرة raft foundation وصممت على أساس تسعة أدوار فقط حيث هناك نظرية تنص على أنه إذا كان هناك طبقة تتحمل ٤ كجم / م^٢ مثلاً وتحتمل طبقة بارتفاع مترين وجهلها ٢ كجم / سم فيجب التأسيس على الجبهة الأيمن وهذا يحتمل جسة لكل موقع في حدة واحدة القطع من الأرض متلاصفتين والتي عرض كلا منها ٢٠ متراً ووجد هذا التقعر في طبهية الصخر وعلى هذا من الضروري عمل جسة لكل موقع في حدة واختيار الأساس الذي يصلح لطبيعة التربة .

التأسيس السطحي لفندق المقطم بليد القاهرة على الصخر

— أردت شرح الخطوات التي تمت لتشييد فندق المقطم نظراً لتأسيسه على سطح الأرض بدون أعماق على الصخر وقد شرفت بأنني كنت دارساً لغطاء هذا الفندق والمشرف على تنفيذه ويتلخص ما تم في هذا الفندق من أول دراسته حتى تسليمه وسنغطي نبذة عن ماهية هذه الفترة :

أولاً : هذا الفندق نظام ال motels أى مجموعة من المباني ذات الدور الواحد وأن المنشأ نفسه مبنى من الخشب ذات الطبقتين بينهما ألياف عازلة للحرارة والرطوبة أى أن المباني من النوع الخفيف ومكون من سبعة عشر مبنى مزدوج ومتصل ومبنى عام وحمام سياحة وكيان للاستحمام وملعب للتنس ومطعة لمعالجة مياه المجارى بعق ٤ متر تم حرها فى الصخر . وعلى بعد حوال ٥٠٠ متر من الموقع العام للفندق يوجد مكان لتصريف مياه المجارى (Disposal Area) وهى عبارة عن ناتج حفر من الصخر بارتفاع حوالى ١,٥٠ م من سطح الأرض

٥٠ كجم لا يتم تفجير هذه الكمية كلها لحظياً ولكن تفجر على التوالى باستخدام مفجرات التأخير حتى لا تؤدي نواتج عملية النسف إلى أى آثار ضارة . كما سبق .

(٢) بعد عملية النسف تبدأ عملية التسوية إلى المنسوب المبني المطلوب بناقص ٣٠ سم ثم صبا خرسانة عادية وتم الضغط للتربة قبل صب الخرسانة بالمراسات الاهتزازية vibratory rollers حتى وصلت الكثافة إلى ٩٦٪ على عمق متر من سطح الردم وذلك بإزالة التربة القابلة للانسياب حتى العمق المطلوب ثم أعيدت على هيئة طبقات سمك كل منها ٣٠ سم مع دمك كل طبقة على حدة باستخدام المراس مع وضع كمية من المياه المناسبة التي تغطي أقصى كثافة جافة .

(٣) تم عمل طبقة من الخرسانة العادية بنسبة ٣٠٠ كجم أسمنت : ٨ م^٢ زلط : ٤ م^٢ رمل لإعطاء المنسوب المطلوب ثم وضعت المبالى الخفيفة على الخرسانة العادية مباشرة والرسومات التالية تبين الموقع العام ثم جزء من تفاصيل المبالى مبين على كل مبنى خطوط الكنتور المساحية ومنسوب المبنى نفسه .

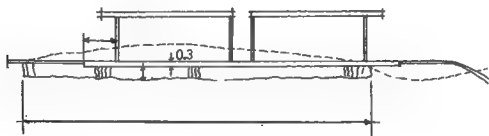
للقوات المسلحة ويخشى عليها من التفجير العادى والنسف الجذر مشروح بإضافة في الموسوعة الهندسية للمؤلف وبسطة شديدة للتحكم في عملية النسف حتى تكون الاهتزازات الأرضية غير مؤثرة تأثيراً ضاراً على أساسات المباني المجاورة وكذلك الموجات الصوتية يجب ألا تؤدي إلى أبسط الخسائر مثل تكسر زجاج المباني وكذلك الشظايا يجب التحكم في أحجامها حتى يمكن نقلها وكذلك التحكم في مسافة تطايرها وذلك عن طريق استخدام مفجرات تأخير ذات أرقام مختلفة تبدأ من مفجر رقم (١) .

فالمفجر رقم (١) يعنى أن هناك تأخيراً = $\frac{25}{1000}$ من الثانية

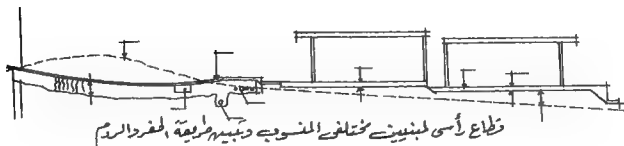
والمفجر رقم (٢) يعنى أن هناك تأخيراً = $\frac{50}{1000}$ من الثانية

والمفجر رقم (٣) يعنى أن هناك تأخيراً = $\frac{75}{1000}$ من الثانية وهكذا

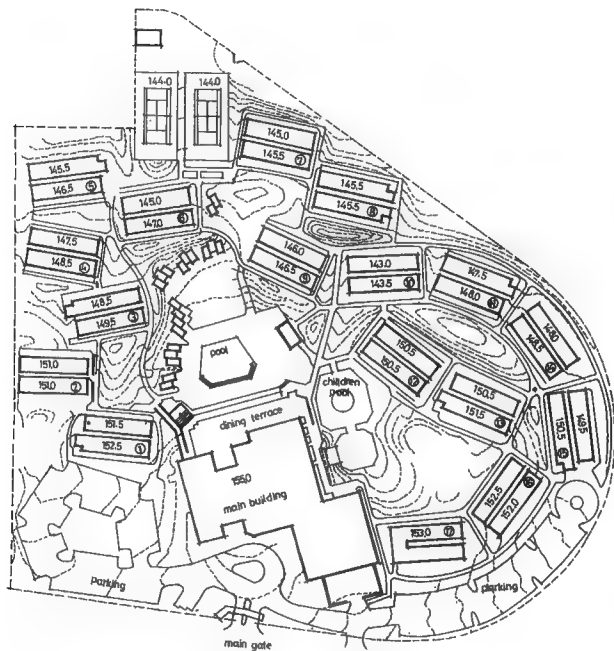
فلذا كانت كمية المتفجرات المطلوبة لنسف مبنى معين



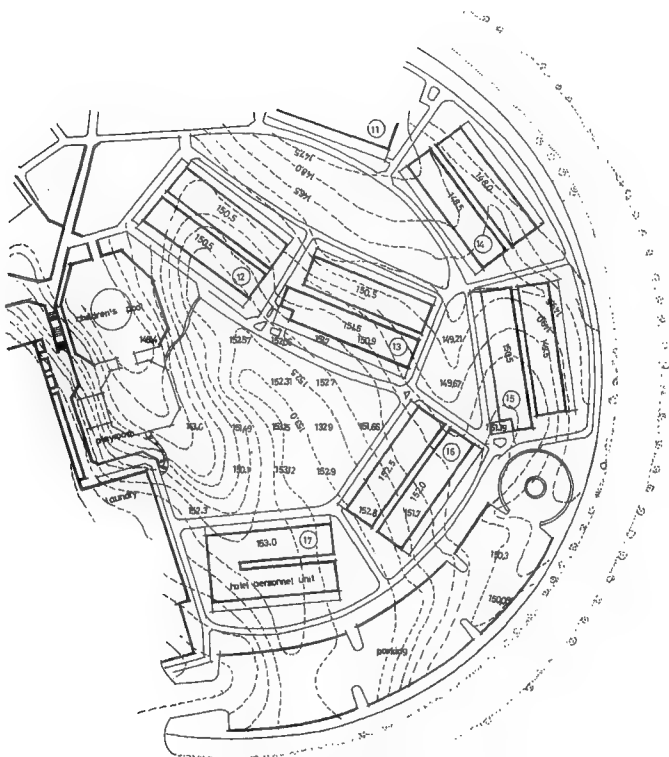
قطاع رأسى لمبنى في منسوب دائم وتبين طريقة الحفر والردم



قطاع رأسى لمبنى في منسوب مختلف وتبين طريقة الحفر والردم



مخطط الموقع لمشروع إنشاء المدينة القديمة



سقط أفضقه لجزء من قديم الجبل وسميته بالقطم
 مبنياً عليه والمناسيب للخطوط الكنتورية والمناسيب المباني لمساب
 كلياته والغرض الذي تم قبله الرغوة في العطاء .



الباب الثالث

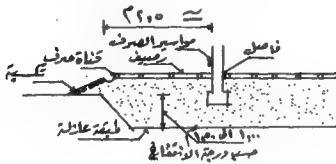
الأساسات السطحية

نتيجة الانتفاخ النسبي .

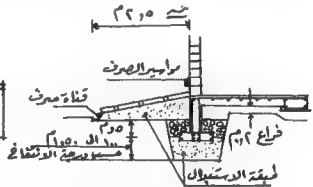
٣ - تقليل أو ملاءمة طاقة الانتفاخ المؤثرة على الأساسات ونظراً لأن وسادة التربة الغير منتفخة أسفل الأساسات يؤدي إلى توزيع حركة التربة الرأسية بصورة أكثر انتظاماً أى إلى تقليل الانتفاخ النسبي ، لذلك فإنه يفضل عدم التأسيس مباشرة على التربة قابلة الانتفاخ في جميع الأحوال تصميم بحيث تتحمل أحمال المنشأ ودرجة دمك تناسب طاقة الانتفاخ المتوقع . ويبين الشكلين التاليين نماذج استرشادية لطبقة الاستبدال ريسم ٧

يفضل استخدام الأساسات السطحية إذا كان سمك التربة المنتفخة يمتد إلى أعماق كبيرة وبالتالي يصعب أو يستحيل استخدام الأساسات العميقة - ويمكن استخدام الأساسات السطحية بنجاح في حالة التربة المنتفخة إذا توفر أحد الشروط الآتية :

- ١ - الإجهادات نتيجة الحمل الميت المؤثر على التربة كافية لمنع الانتفاخ .
- ٢ - المبنى جامد بالقدر الكافي حيث لا يتأثر بالحركة



نموذج لطبقة الاستبدال (ب) للتربة على الوجه المقابل لجهة الانتفاخ



نموذج لطبقة الاستبدال (أ) للتربة على الوجه المقابل لجهة الانتفاخ

وتنقسم الدراسة التي سنقوم بها في هذا الباب وهي الأساسات الشريطية والقواعد المشتركة :

- ٨ - قاعدة مشتركة شبه منحرف لعمودين أحدهما ملاصق للجدار بينهما كمر .
- ٩ - قاعدة ذات ثلاثة أعمدة مختلفة الأبعاد والأحمال والعمودين بجوار الجدار .
- ١٠ - القواعد الكابولية Strap Footing .
- ١١ - قاعدة لعمود واحد Rectangular Mono Cantilever .
- ١٢ - الأساسات المستمرة (Raft Foundation) .
- ١٣ - الأساسات المنحرفة لبشة مسطحة .
- ١٤ - أساسات مستمرة لنظام الكمرات والبلاطات .

وعند حلول أمثلة لهذه الأنواع سنشرح متى يستعمل كل نوع على حده ولأى الأغراض يفضل التصميم لهذه النوع وعند حساب الأساس لأي نوع يجب حساب جميع الأحمال المؤثرة على المبنى وهي الحمل الميت - الحمل الحي - حمل الرياح أو الزلازل وذلك حسب ما نص عليه في الكود المصري .

- ١ - قاعدة مشتركة لثلاثة أعمدة .
- ٢ - الأساسات الشريطية .
- ٣ - قاعدة مشتركة لعمودين متساويين في الأحمال .
- ٤ - قاعدة مشتركة لعمودين غير متساويين في الأحمال أحدهما يبعد عن الجدار ٥٠ سم وأخرى بينهما كمر .
- ٥ - قاعدة مشتركة لعمودين غير متساويين أحدهما يبعد عن الجدار بمقدار ٥٠ سم .
- ٦ - قاعدة مشتركة مستطيلة لعمودين أحدهما ملاصق للجدار .
- ٧ - قاعدة مشتركة شبه منحرف لعمودين أحدهما ملاصق للجدار .

النموذج الأول

المطلوب تصميم قاعدة عليها ثلاثة أعمدة كل عمود يحمل ٤٥ طناً وبينهما كمر (T) والمسافة من المحور إلى المحور ٢,٥٠ م وجهد التربة ١٢ طن / م^٢ وعمق الحفر ١,٥٠ م .

المطلوب : أولاً : تصميم الأعمدة . Design of column .

لتصميم العمود يستعمل القانون الآتي :
حيث :

P = الحمل على العمود = ٤٥ طن .

Fc = جهد الخرسانة المسلحة = ٤٥ كجم / سم^٢ .

U = نسبة مساحة الحديد إلى قطاع الخرسانة = 0.8% إلى 6%

$$45000 = 45 A_c (1.12)$$

$$\therefore A_c = \frac{45000}{45 \times 1.12} = 893 \text{ cm}^2$$

لإيجاد الضلع الأكبر للعمود تقسم المساحة ÷ الضلع الأصغر للعمود ويساوى ٢٥ سم .

$$\therefore \frac{893}{25} = 35.7 \text{ Cm}$$

٣٥ سم أى

لإيجاد تسليح العمود تضرب المساحة × ١% =

$$\therefore 25 \times 35 \times 1\% = 8.75 \text{ cm}^2 \text{ say } 6\phi 13 \text{ and stirrups } 6\phi 6 / \text{m}$$

ثانياً : تصميم القاعدة : Three combined footing with T section

يتم عمل هذا النموذج كلما كانت الأعمدة متقاربة ومتساوية المسافات وتختلط القواعد ببعضها ومهمة الأساسات الشريطية توزيع حمل الحوائط أو الأعمدة وأى حمل من الأحمال إلى التربة بحيث لا تزيد الأحمال المنقولة إلى منسوب التأسيس على قدرة تحمل التربة المسموح بها عند هذا المنسوب وللوصول إلى ذلك نحدد أبعاد القاعدة وتصمم القاعدة على أنها تتحمل عزم الانحناء الناتجة وقرى القص ونظراً لأن وزن القاعدة وما تتحمله من ردم يضاف إلى الأحمال عند حساب الإجهادات على التربة وذلك لوزن القاعدة العادية والقاعدة المسلحة والمليد والحوائط الحاملة للدور الأرضي فهناك طريقتان .

الأولى : تقريبية وهى إضافة من ٨ : ١٢٪ من الحمل الواقع على الأعمدة والثانية هى القانون الآتي :

$$\bar{W} = \frac{W}{1 - \gamma_g \cdot DF / q_{all}}$$

$$\bar{W} = \frac{135}{1 - \frac{2 \times 1.5}{12}} = 180 \text{ ton}$$

وبتطبيق هذا القانون نحصل على القيمة التالية

حيث :

\bar{W} = الحمل الكلى الواقع على التربة = ١٨٠ طن

W = الحمل الكلى للأعمدة = ١٣٥ طن

γ_g = متوسط وزن القاعدة

للخرسانة والأتربة (٢ طن / م^٣)

Df = عمق الحفر = ١,٥٠

q_{all} = الإجهاد المسموح به على التربة = ١٢ طن / م^٢

لإيجاد أبعاد القاعدة تستعمل معادلة من الدرجة الثانية

Total load on earth

Total load of columns

A.V.G. unit weight of footing material

and soil (2t / m³)

Foundation depth

Gross allowable bearing stress of soil

$$3\bar{W} = A (L + A) \times f \text{ allowable of soil}$$

حيث :

 \bar{W} = الحمل للأعمدة الناتج من المعادلة = ١٨٠ طن A = عرض القاعدة ويجب أن يكون البروز خارج الأعمدة .

$$\frac{1}{2} A =$$

$$f^o =$$

$$12 \text{ طن} / \text{م}^2 =$$

 L = المسافة بين العمودين = ٢ × ٢,٥٠ F = جهد التربة ويساوي

$$\therefore A(5 + A)12 = 12A^2 + 60A - 180 = 0$$

هذه المعادلة من الدرجة الثانية وحلها يتبع القانون الآتي :

$$-A = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

حيث :

 a = الحد الأول من المعادلة b = الحد الثاني من المعادلة c = الحد الثالث من المعادلة

وبالتعويض في المعادلة بالحدود السابقة

$$12A^2 \text{ والحد يساوي } 12$$

$$60A \text{ والحد يساوي } 60$$

$$-180 =$$

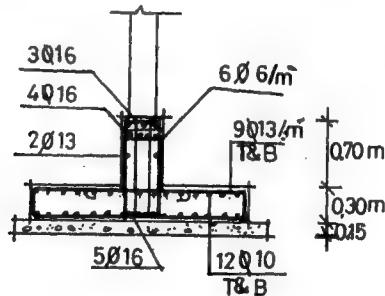
$$-60 \pm \sqrt{60^2 - 4 \times 12 \times -180}$$

$$\frac{-60 + 110.63}{24} = \frac{+50.63}{24} = 2.10 \text{m} \therefore A = 2.10 \text{m}$$

$$B = 5 + 1.85 + 0.35 = 7.20 \text{m}$$

..... وهي نصف طول العمود لجعل الفروق متساوية.....

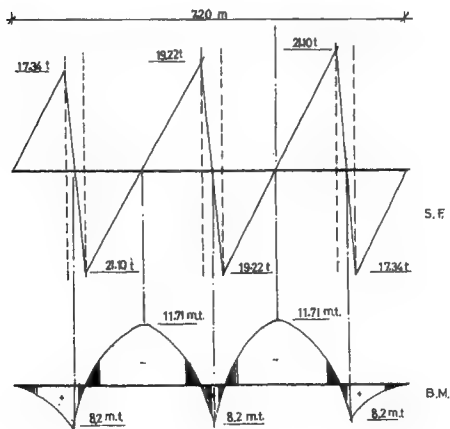
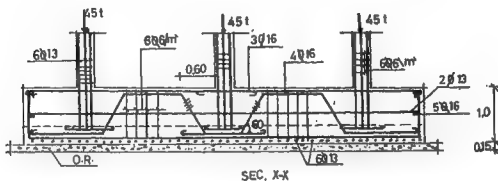
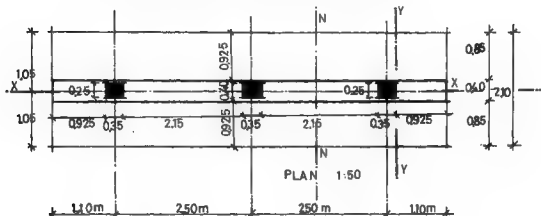
٣,١٥ = ٢ × ١,٥٠ = ٣,١٥ ، وذلك عرض القاعدة مطروح منها عرض العمود + ٢ = ٩,٢٥ ، هو ذراع المزم .



SEC. N-N

النموذج الأول : قاعدة مشتركة لثلاثة أعمدة متساوية الأبعاد

THREE COMBINED FOOTING WITH (T) SECTION



load at the area of base /m⁻

$$= \frac{135}{7.2} = 18.75 \text{ t /m}^{-}$$

load at the area of base /m²

$$= \frac{135}{2.10 \times 7.20} = 8.92 \text{ t /m}^2$$

Design of base

$$B.M = x - x = \frac{WL^2}{2}$$

$$= \frac{8.92 \times .925^2}{2} = 3.81 \text{ m.t}$$

حيث :

$$W = \text{الحمل على المتر المسطح} = 18.75 \text{ طن}$$

$$L = \text{البعد من العمود حتى نهاية القاعدة} = 0.925 \text{ م}$$

$$d = K_1 \sqrt{\frac{M}{b}}$$

$$= 0.334 \sqrt{\frac{381000}{100}} = 20.6 \text{ cm say T 30 cm}$$

when $f_c = 55 \text{ kg / cm}^2$ - $K_1 = 0.334$ - $k_2 = 1227$

$$A_s = \frac{0.2\% A_c}{M} = \frac{210 \times 30 \times 0.2\%}{381000}$$

= 12.6 cm² take 12φ 10 top and bottom

$$A_s = \frac{k_2 \times x \cdot 87 T}{1227 \times .87 \times 30}$$

= 11.89 cm² say 9 φ 13/ m

ومن حيث إن العزم واحدة في جميع الجهات لثبوت المسافة فيكون التسليح لارض القاعدة ٢٠ φ ١٣ م وبطول القاعدة ٦٦ φ ١٣ م يلاحظ اضافة مسيخ للعدد الناتج

Design of T section

B.M of T section at y - y =

$$\frac{w \times L^2}{2} = \frac{18.75 \times .925^2}{2} = 8.02 \text{ m.t}$$

B.M of T section at N - N =

$$\frac{w \times L^2}{10} = \frac{18.75 \times 2.5^2}{10} = 11.71 \text{ m.t}$$

وبهذا يمكن أخذ العزم الأكبر أساساً لتصميم الكمرات .

$$d \text{ to the beam} = K_1 \sqrt{\frac{M}{b}}$$

$$\therefore 0.334 \sqrt{\frac{1171000}{40}} = 64 \text{ say T 90 cm}$$

أخذ عرض الكمرات ٤٠ سم لتغطية أجهاد القص والاحتراق والتماسك .

As to beam = N - N =

$$\frac{1171000}{1227 \times .87 \times 90} = 12.18 \text{ cm}^2 \text{ take } 7 \phi 16$$

As to beam = y - y =

$$\frac{802000}{1227 \times .87 \times 90} = 8.34 \text{ cm}^2 = 5 \phi 16$$

check of stresses

1- check of shear (جهد القص)

$$q = \frac{Q_s}{.87.T \times b}$$

y - y

= قوى القص عند القطاع

حيث

= جهد القص q_s

$$\begin{aligned} d &= \text{ارتفاع القاعدة النظرى} = 0.87T \\ b &= \text{عرض القاعدة} \end{aligned}$$

ملاحظات على جهد القص عندما يكون جهد الضغط ٥٥ كجم / سم^٢ :

- ١ - لو كان جهد القص q تساوى ٥ كجم فيمكن للخرسانة أن تحمله وتوضع كانت ٦٥ / م^٢ للكمرات .
 - ٢ - لو كان جهد القص ٧ كجم فيجب وضع كانت ٦٥ / م^٢ .
 - ٣ - لو كان جهد القص q أكثر من ٧ كجم / سم^٢ وأقل من ١٤ كجم / سم^٢ تعالج الخرسانة بوضع الكانات وبأسياخ مكسحة لمقاومة جهد القص .
 - ٤ - لو كان جهد القص يزيد عن ١٤ كجم / سم^٢ يجب زيادة القطاع لأن الخرسانة في هذه الحالة تصبح غير اقتصادية .
- ولحساب جهد القص عند القطاع $y - y$:

$$\begin{aligned} Q_s \text{ at } y - y &= .925 \times 18.75 = 17.34 \text{ ton} \\ Q_s \text{ under column} &= 0.35 \times 18.75 = 6.56 \text{ ton} \\ Q_s \text{ another side of column} &= 45 - (6.56 + 17.34) = 21.10 \text{ ton} \\ &= \frac{21100}{40 \times .87 \times 90} = 6.73 \text{ Kg} / \text{cm}^2 \\ &\quad \& \text{ stirr } 6 \phi 6 / \text{m} \\ \text{To get d resistance shear} &= \frac{21100}{40 \times .87 \times 6} \therefore T = 100 \text{ cm} \end{aligned}$$

يأخذ ارتفاع الكمره ١٠٠ سم ولا داعى لتغيير التسليح :

2- check of punch (جهد الاختراق)

ملاحظات لجهد الاختراق :

- ١ - لون كان جهد الاختراق أكثر من ٨ كجم / سم^٢ يزداد القطاع .
- ٢ - Q_p = حمل العمود - مساحة العمود مضروباً بالجهد .
- ٣ - هذه القوة تؤثر في محيط العمود \times ارتفاع الكمره .

$$\begin{aligned} Q_p &= 45 - (.25 \times .35 \times 8.92) = 44.22 \text{ ton} \\ q_p &= \frac{44220}{(25 + 35) 2 \times 0.87 \times 100} = 4.23 \text{ Kg} / \text{cm}^2 < 8 \text{ kg} / \text{cm}^2 \end{aligned}$$

3- check of bond (جهد التماسك)

$$\begin{aligned} Q_b &= \text{arm of B.M} \times \text{load at Area of base} = 0.85 \times 8.92 = 7.582 \text{ ton} \\ q_b &= \frac{Q_b}{\Sigma \phi \times D \times \pi \times .87 \times T} \end{aligned}$$

حيث :

$$\begin{aligned} \frac{7.582}{\Sigma \phi \times D \times \pi \times .87 \times T} &= 1.80 \\ \frac{7.582}{\Sigma \phi \times D \times \pi \times .87 \times T} &= 1.80 \\ \frac{7.582}{\Sigma \phi \times D \times \pi \times .87 \times T} &= 1.80 \\ \frac{7.582}{\Sigma \phi \times D \times \pi \times .87 \times T} &= 1.80 \\ \frac{7.582}{\Sigma \phi \times D \times \pi \times .87 \times T} &= 1.80 \end{aligned}$$

$q_b =$ جهد القص للتاسك ويجب ألا يزيد عن ٨ كجم / سم^٢

ملحوظة لجهد التماسك :

لو كان جهد التماسك أكبر من ٨ كجم / سم^٢ يزداد ارتفاع الخرسانة أو يختار أسياخ أقل قطراً ليزداد طول المحيط للشيخ .

$$q_b = \frac{7582}{9 \times 1.3 \times 3.14 \times .87 \times 30} = 7.90 \text{ Kg} / \text{cm}^2 < 8 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

حيث :

٩ عدد الأسياخ بالمتر الطول .

١,٣ سم = قطر الشيخ ١٣ م .

٣,١٤ = النسبة التقريبية للدائرة .

٣٠ سم ارتفاع القاعدة للبلحة .

ملحوظة هامة :

١ - حسب الأبعاد للقاعدة على أن الكمره عرضها ٢٥ سم ولكن صممت على أن عرضها ٤٠ سم للأمان في جهد الاختراق والقص ويجب أن تبقى الأبعاد كما هي للزيادة في الأمان .

٢ - في حالة الحديد الثانوى يجب ألا تقل عن ١٠ ϕ م / م .

٣ - ظهر جهد القص ٦,٧٣ فلا داعى لزيادة الكانات عن ٦ ϕ م للكمرات .

٤ - إذا زاد جهد القص عن ٧ : ٨ كجم / سم^٢ فتحسب الكانات حسب القانونى التالى :

$$\bar{q}_i = \frac{A_s \text{ stirr} \times f_s}{b \times a}$$

حيث :

$A_s \text{ stirrups}$ = مساحة فرع الكانة مضروباً في عدد فروعها سواء كان ٤ فرع أو ٦ فرع .

F_s = جهد الحديد ويساوى ١٤٠٠ كجم / سم^٢ .

b = البعد بين الكاتين .

a = عرض الكمره .

النموذج الثانى

الأساسات الشريطية (STRIP FOOTINGS)

المطلوب تصميم ورسم لأساس صف من الأعمدة المسافة من الخور إلى الخور - ٤ م وحمل كل عمود ٤٥ طن بقطاع ٢٥ × ٣٥ سم وبتمسليح ٦ ϕ ١٣ مم وعمق الحفر ١,٦٠ سم من سطح الأرض ومقاومة التربة الخالصة ٩ طن / م^٢ .

ملحوظة : هذه الأساسات تستخدم كأساس للحوائط بكافة أنواعها وللأعمدة المتقاربة في المسافات والأحمال الواقعة على صف واحد والأساسات السطحية عموماً لا تصلح في وجود الطبقة العليا من التربة الضعيفة إلى الدرجة التى يتسبب عن أحمال المنشأ انهيار قص في بعض تلك الطبقات أو تضاعف كبير لما مما يدمر أو تشوه استخدام المنشأ وفي حالة وجود أحمال كبيرة إلى الدرجة التى لا تكفى استخدام مساحة المنشأ كلها كأساس لزيادة الأجهادات المنقولة إلى التربة وعليه يجب الوصول إلى طبقات صخرية ولذلك لا تصلح في تشييد الأبراج وناطحات السحاب ودعامات الكبارى الضخمة وكذلك لا تصلح في حالة تواجد أحمال جانبية كبيرة مما يتطلب تكوين نظام إنشائى تحت الأرض لمقاومة المركبات الأفقية المنقولة للأساسات .

Design of slab

التصميم

$$\text{load per } \bar{m} = \frac{45}{4} = 11.35 \text{ ton} / \bar{m}$$

لإيجاد الجمل بعد الزيادة للأساسات تستعمل القانون الآتي وتفسيره بالرموز الأول

$$\bar{W} = \frac{W}{1 - \delta_a \cdot D_f / \cdot q_{all}} = \frac{11.25}{1 - \frac{2 \times 1.6}{9}} = \frac{11.25}{0.65} = 17.3 \text{ ton} / \bar{m}$$

$$\text{عرض القاعدة} = B = \frac{17.30}{9} = 1.92 \text{ m say } = 1.95 \text{ m}$$

$$\text{الجهد على القاعدة} = F = \frac{11.25}{1.95} = 5.85 \text{ Ton} / \text{m}^2$$

بفرض أن الكمره عرضها ٣٥ سم فيكون الباقي من القاعدة من الجهتين :

$$35 - 195$$

$$A_o = \frac{\text{سم وهو ذراع العزم}}{7}$$

$$B.M = \frac{wL^2}{2} = \frac{5.85 \times .80^2}{2} = 1.872 \text{ m.t}$$

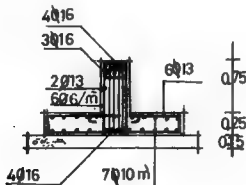
$$d = K_1 \sqrt{\frac{M}{b}} = .334 \sqrt{\frac{187200}{100}} = 14.45 \text{ cm say } T 25 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{M}{K_2 \cdot d} = \frac{187200}{1227 \times .87 \times 25} = 7 \text{ cm}^2 \text{ say } 6 \phi 13 / \text{m}$$

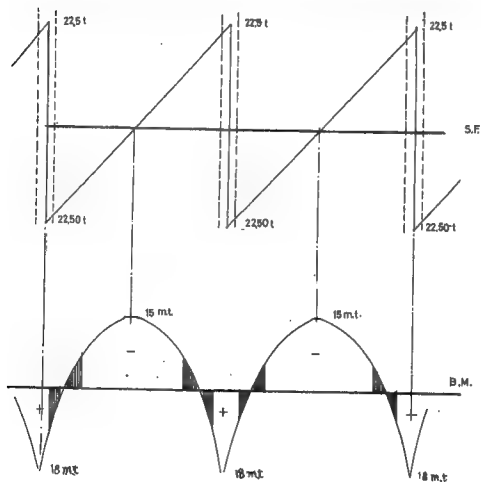
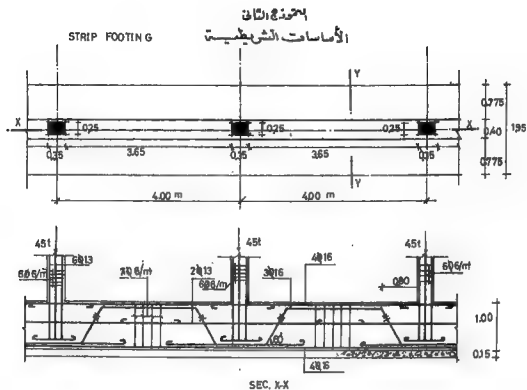
الحديد السابق استخراجه ٦ $\phi 13$ م / م هذا بطول القاعدة. ويجب أن يكون هذا الحديد كأنه مقفلة أما الحديد الطولي فيأخذ بمقدار ٢٪ من مساحة الخرسانة علوى وسفلى .

$$\bar{A}_s = 195 \times 25 \times \frac{2}{1000} = 9.75 \text{ cm Say } 14 \phi 10 \text{ mm}$$

يوضع ١٠ $\phi 10$ م علوى ١٠ $\phi 10$ م سفلى لأن التسليح الثانوى لا يقل عن خمسة أسياخ في المتر .



SEC.Y.Y



Design of beam :

$$B.M \rightarrow = \frac{WL^2}{12} = \frac{11.25 \times 4^2}{12} = 15 \text{ m.t}$$

$$B.M \leftarrow = \frac{WL^2}{10} = \frac{11.25 \times 4^2}{10} = 18 \text{ m.t}$$

$$d = K \sqrt{\frac{M}{b}} = 0.334 \sqrt{\frac{1800000}{40}} \quad 70 \text{ cm say } T' 100 \text{ cm to resist shear}$$

$$A_s = \frac{M}{K_2 \times .87 \times T} = \frac{1800000}{1227 \times .87 \times 100} = 16 \text{ cm}^2 \text{ say } 8 \phi 16 \text{ mm}$$

$$A_s = \frac{M}{K_2 \times .87 \times T} = \frac{1500000}{1227 \times .87 \times 100} = 14 \text{ cm}^2 \text{ say } 7 \phi 16 \text{ mm}$$

$$A_s = 0.2\% A_c = \frac{100 \times 40 \times 2}{1000} = 8 \text{ cm}^2 \text{ say } 4 \phi 16$$

Check of stresses

1- Check of shear to beam

$$Q_s = \frac{45}{2} = 22.50 \text{ ton}$$

$$d \text{ to resist shear} = \frac{22500}{.87 \times 40 \times 8} = 90 \text{ cm}$$

تأخذ ارتفاع الكمره ١٠٠ سم ويظل الحساب كما هو .

$$q_s = \frac{Q_s}{.87 T \times b} = \frac{22500}{.87 \times 100 \times 40} = 6.64 \text{ kg / cm}^2$$

2- Check of punching

Check of punch to beam

$$Q_p = 45 - 0.25 \times 0.35 \times 9 = 44.2125 \text{ ton}$$

$$q_p = \frac{44212}{(25 + 35) 2 \times 100} = 3.40 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ Kg / cm}^2$$

3- Check of bond

Check of bond to slab

$$Q_b = \text{arm of B.M} \times \text{load / m}^2 = 0.80 \times 5.85 = 4.68 \text{ ton}$$

$$q_b = \frac{Q_b}{\Sigma \phi \times \pi \times D \times .87 \times T} = \frac{4680}{12 \times 3.14 \times 1.3 \times .87 \times 25} = 4.39 < 8 \text{ kg / cm}^2$$

حيث :

$$\begin{aligned}
 ١٢ &= \text{عدد الأسياخ } ١٣ \text{ م في المتر الطولي ككافة علوى وسفلى} \\
 ١,٣ &= \text{قطر سيخ } ١٣ \text{ م} \\
 ٣,١٤ &= \text{النسبة التقريبية} \\
 ٢٥ \times ٠,٨٧ &= \text{الارتفاع العامل}
 \end{aligned}$$

$$A_s \text{ stirr} = \frac{6 \times 0.494 \times 1400}{40 \times 15} = 6.9 \text{ Kg/cm}^2$$

take bent bars 3 ϕ 16

النموذج الثالث

قاعدة مستطيلة مشتركة لعمودين متساوي الأحمال

A rectangular combined footing for two columns equal in weight

المطلوب تصميم قاعدة مشتركة لعمودين مفا ٢٥ × ٤٠ سم وبسليح ١٦ ϕ ٦ م لكل عمود والمسافة بين كل عمود من المحور إلى المحور -٣ م والحمل الواقع على كل عمود ٦٠ طن وجهد التربة ١٥ طن / م^٢ وعمق الحفر -٢ متر من سطح الأرض ويتم عمل هذا النموذج في حالة تقارب الأعمدة ومتخلف القواعد مع بعضها .

ملحوظة : القواعد المشتركة هي تلك التي تحمل أكثر من عمود في صف واحد ويمكن تصميم القواعد المشتركة بواسطة الطرق التقليدية باعتبار القاعدة صلبة Rigid member أو باعتبار القاعدة ككرة على أساس مرن وتحقيق توزيع الأجهادات بانتظام حيث تكون محصلة القوتين في مركز ثقل القاعدة المشتركة وتلك هي المادة في افتراض الأجهادات عند التصميم باعتبار أن القاعدة صلبة أو أن يكون التوزيع يتناسب مع هبوط القاعدة وذلك باعتبار التربة وسط مرن يعطى رد فعل يتناسب مع التضاضط في التربة .

التصميم :

الحمل بما فيه إضافة الأساس حسب هذه المادة :

$$\begin{aligned}
 \bar{W} &= \frac{W}{1 - q_a \cdot D_f / q_{all}} \\
 &= \frac{120}{2 \times 2} = \frac{120}{.734} = 163 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

لإيجاد أبعاد القاعدة تستعمل المعادلة من الدرجة الثانية الآتية :
وقد سبق تعريف هذه المعادلة في النموذج الأول فارجع إلى هذا التصريف
وتطبق المعادلة التالية :

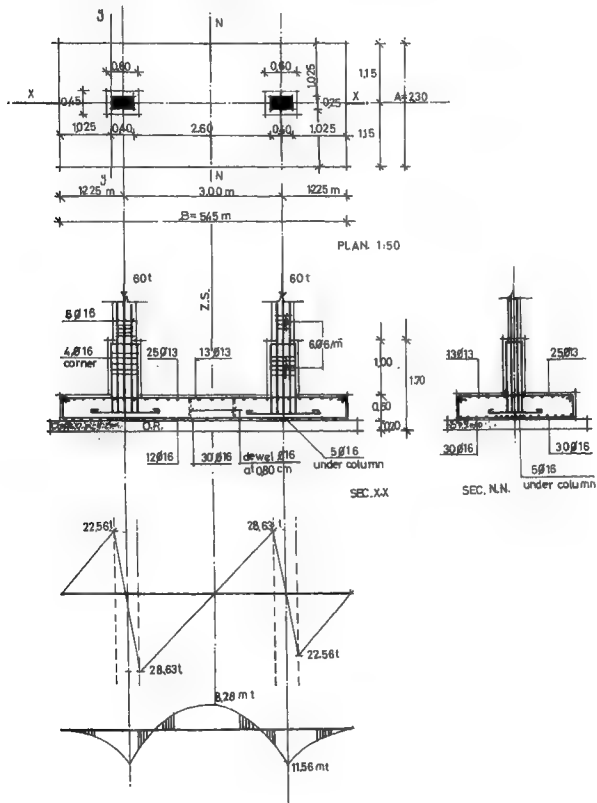
$$\begin{aligned}
 \bar{W} &= A (L + A) \times f \text{ allowable of soil} \\
 163 &= A (3 + \frac{A}{15}) = \frac{15A^2}{15} + 45A - 163 = -b \pm \sqrt{b^2 - 4ac} \\
 A &= \frac{2a}{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}} \\
 &= \frac{2 \times 15}{-45 \pm \sqrt{10185}} = \frac{1}{2.30 \text{ m}} \therefore A = 1.15 \text{ m} \\
 \text{length of the base (B)} &= 3 + 2.30 + 0.15 = 5.45 \therefore A = 230
 \end{aligned}$$

$$\text{load at the area of base per } \frac{1}{m} = \frac{120}{5.45} = 22.01 \text{ ton / m}$$

$$\text{load at the area of base per } m^2 = \frac{120}{2.3 \times 5.45} = 9.57 \text{ ton / m}^2$$

نموذج الثالث
قاعدة مستطيلة مشتركة لعمودين متساويين الأوزان

A rectangular combined footing for two columns equal in weight



$$\begin{aligned}
 B.M &= x - x \text{ per } \bar{m} &= \frac{wL^2}{2} &= \frac{9.57 \times 1.025^2}{2} &= 5.027 \text{ m.t} \\
 B.M &= y - y &= \frac{wL^2}{2} &= \frac{22.01 \times 1.025^2}{2} &= 11.56 \text{ m.t} \\
 B.M &= N - N &= \frac{wL^2}{2} - 60 \times \frac{3}{2} &= \frac{22.01 \times 2.725^2}{2} - 60 \times 1.5 &= 8.28 / \text{m.t}
 \end{aligned}$$

يأخذ أكبر B.M لاستنتاج جميع الاجهادات .

$$d = K_1 \sqrt{\frac{M}{b}} = 0.334 \sqrt{\frac{1156000}{230}} = 24 \text{ cm take } T \text{ } 35 \text{ cm}$$

$$Q_2 \text{ at } y - y = 1.025 \times 22.01 = 22.56 \text{ ton}$$

$$Q_2 \text{ under column} = .40 \times 22.01 = 8.804 \text{ ton}$$

$$Q_2 \text{ another side to } y - y = 60 - (22.56 + 8.804) = 28.636 \text{ ton}$$

وهناك نظرية لاستنتاج أكبر قوى قص = ٦٠ - ٢٢,٥٦ = ٣٧,٤٤ طن ولكن لا مانع من استعمال ٢٨,٦٣٦ طن .

$$q_2 = \frac{Q_2}{A \times .87 \times T} = \frac{28636}{230 \times .87 \times 35} = 4.08 \text{ kg / cm}^2 < 6 \text{ Kg / cm}^2$$

$$As \text{ at } y-y = \frac{M}{K_2 \times .87 T} = \frac{1156000}{1227 \times .87 \times 35} = 30.9 \text{ cm}^2$$

ونظراً لأن نسبة الحديد ستكون عالية وبالتالي تزيد التكلفة الفعلية فيجب زيادة الارتفاع إلى ٥٠ سم ولهذا تصبح القاعدة أصعب (Stiffer) بالإضافة إلى قلة نسبة الحديد علماً بأن الارتفاع ٥٠ سم لا يغطي جهد التماسك وعليه يتم عمل قاعدة للأعمدة . Pedestal

$$As \text{ at } N - N = \frac{M}{K_2 \cdot 87 T} = \frac{828000}{1227 \times .87 \times 50} = 15.5 / \text{cm}^2 = \frac{13\phi 13}{2.30 \text{ m}}$$

$$A_2 \text{ at } y-y = \frac{M}{K_2 \cdot 78 T} = \frac{1156000}{1227 \times 50} = 21 \text{ cm}^2 = \frac{13\phi 16}{2.30}$$

ومن حيث إن مسافة العزوم واحدة فيصبح التسليح حول $x - x$

$$\therefore = \frac{13\phi 16}{2.3} \times 5.45 = \frac{30 \phi 16}{5.45 \text{ m}}$$

$$As \text{ } .015 \% \times Ac = \frac{50 \times 545 \times .015 \%}{2} = 20 \text{ cm}^2 \text{ take } 25\phi 13$$

check of punching

$$Qp = 60 - .25 \times .40 \times 9.57 =$$

$$= 59.043 \text{ Ton}$$

وهناك طريقة أخرى لاستنتاج قوة الاختراق وهي :

$$\text{يأخذ عرض العمود} - \frac{y}{3} + \text{الارتفاع} = ٥٠ \times \frac{y}{3} + ٧٥ = ٥٨,٣ \text{ سم}$$

$$٩,٥٧ \times ٧٣,٣٠ \times ٥٨,٣٠ = ٩,٥٧ \text{ طن / م}^2$$

$$\text{طن } ٤,٠٠٨ =$$

$$\text{تأخذ طول العمود} - \frac{y}{3} + \text{الارتفاع} = ٥٠ \times \frac{y}{3} + ٧٣ = ٧٣ \text{ سم}$$

$$\therefore Q^p = 60 - 4.08$$

$$= 55.920 \text{ ton}$$

ولكن للأمان سنأخذ الطريقة الأولى :

$$q_p = \frac{59045}{2 (25 + 40) \times .87 \times 50} = 1044 > 8 \text{ kg}$$

في هذه الحالة إما يزداد الارتفاع أو يزداد طول وعرض العמוד بمقدار ١٠ سم بارتفاع متر من القاعدة .

$$q_p = \frac{59042}{2 (45 + 60) \times .87 \times 50} = 6.46 \text{ kg} / \text{cm}^2 < 8 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

check of bond

$$q_b = \frac{Q_p / 4}{\Sigma \phi \times \pi \times D \times .87 d} = \frac{59042 / 4}{12 \times 3.14 \times 1.6 \times .87 \times 50} = 5.62 \text{ kg} / \text{cm}^2 < 8 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

وعليه يزداد الب (Pedestal) بمقدار $\frac{Q}{A}$ في الأربعة أركان .

النموذج الرابع

المطلوب تصميم قاعدة مشتركة لعمودين مختلفين في الأحمال أحدهما يبعد محوره عن الجار ٥٠ م وقطاعه 30×30 م ، بتسليح $8 \phi 13$ م والحمل الواقع عليه ٥٠ طن (P_1) والثاني يبعد عن محور الأول ٣٣,٥٠ م والعمود الثاني قطاع 30×30 م ، بتسليح $8 \phi 16$ م والحمل الواقع عليه ٨٠ طن (P_2) مع اعتبار القطاع الخرسانى حرف T ومنسوب التأسيس -٢ م من سطح الأرض وجهد التأسيس ١٩ طن / م^٢ - يختار هذا النوع عندما يكون بعد العمود من الجار محكوم بأى مسافة والعمود الثانى محكوم بمسافة المحور إلى المحور .

ملحوظة : هذا النوع من الأساس يختلف عن الثلاثة أمثلة السابقة حيث كانت محصلة القوتين في مركز ثقل القاعدة المشتركة ويستعمل هذا النوع في حالة الرغبة في التغلب على اللامركزية الناجمة عن وجود أعمدة ملاصقة لخط الجار أو يبعد عنه قليلاً وذلك باختيار أقرب الأعمدة الداخلية على خط واحد مع عمود الجار وعمل قاعدة مشتركة للعمودين بحيث يكون مركز ثقل القاعدة منطقياً على محصلة قوى العمودين وأيضاً يستخدم القواعد المشتركة حيث يكون واجبة الاستخدام عند تداخل قواعد عدد محدود من الأعمدة المتقاربة ويجب في تلك الحالة تشكيل القاعدة بحيث ينطبق مركز ثقلها مع محصلة قوى الأعمدة المتقاربة وذلك للتغلب على اللامركزية التي قد تسبب دوران أو تفاوت في الهبوط أو زيادة كبيرة في الإجهادات المنقولة للتربة بما قد يزيد عن قدرة تحمل التربة المسموح بها وتأخذ هذه الأنواع أشكالاً عديدة سنأخذ أمثلة لكل منها بعد ذلك .

التصميم :

$$\bar{W} = \frac{W}{1 - 8_s D_f / q_{all}} = \frac{130}{2 \times 2} = 0.79$$

$$J = \frac{19}{19}$$

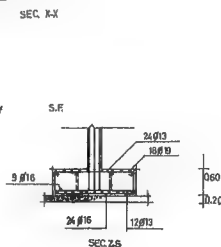
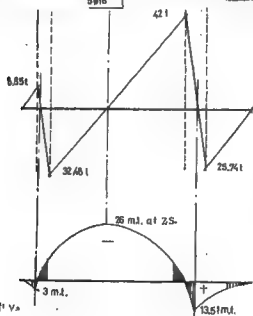
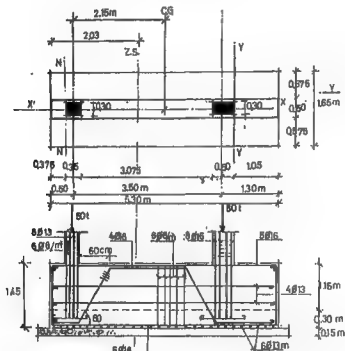
$$\text{Area of base} = \frac{164}{19} = 8.63 \text{ m}^2$$

الحمل بما فيه إضافة الأساس حسب هذه المعادلة

$$= 164 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Load at area of base / m}^2 = \frac{130}{8.63} = 15.06 \text{ ton / m}^2 \\
 & \text{To get C.G. } \therefore 130 \times x = 15.06 \times 2.15 \times x \quad \therefore x = 2.15 \text{ m} \\
 & \text{Length of base} = (0.50 + 2.15) \times 2 = 5.3 \text{ m} \\
 & \text{Breadth of base} = \frac{8.63}{5.30} = 1.62 \text{ m} \\
 & \text{Load at base per m}^2 = \frac{130}{5.30} = 24.52 \text{ ton / m}^2
 \end{aligned}$$

النموذج الرابع
قاعدة لعمودين أحدهما محصور ببعد من
الجدار ٠.٥٠ م. والآخر كما ترى.



٧٥ الإنشاء والإيجار

Design of base

$$\text{Let breadth of beam} = .50 \text{ m} \quad \therefore \text{arm of B.M} = \frac{1.65 - .50}{2} = .575 \text{ m}$$

$$\text{B.M.} = \chi - \chi = \frac{wL^2}{2} = \frac{15.06 \times 0.575^2}{2} = 2.49 \text{ m.t}$$

$$d = K_1 \sqrt{\frac{M}{b}} = .334 \sqrt{\frac{249000}{100}} = 16.6 \text{ cm say T 30 cm}$$

$$A_s = \frac{M}{K_2 \times .87 T} = \frac{249000}{1227 \times .87 \times 30} = 7.78 \text{ cm}^2 \text{ say } 6 \text{ } 13 / \text{m}$$

$$A_s = 0.2 \% \text{ of area} = 1.62 \times 30 \times \frac{2}{1000} = 9.72 \text{ cm}^2 \text{ say } 13 \phi 10 \text{ to top and bottom}$$

Design of beam :

$$\text{To get zero shear} = 24.52 \times \chi = 50 \quad \therefore \chi = \frac{50}{24.52} = 2.03 \text{ m}$$

$$\text{B.M} = y - y = \frac{wL^2}{2} = \frac{1.05^2 \times 24.52}{2} = 13.51 \text{ m.t}$$

$$\text{B.M at zero shear} = 1.53 \times 50 = \frac{2.03^2 \times 24.52}{2} = 26 \text{ m.t}$$

$$\text{B.M} = N - N = \frac{wL^2}{2} = \frac{24.52 \times 0.35^2}{2} = 3 \text{ m.t}$$

$$d \text{ to B.M } 26 \text{ m.t} = K_1 \sqrt{\frac{M}{b}} = .334 \sqrt{\frac{2600000}{50}} = 80 \text{ cm}$$

To get (d) to shear get Q_{sh}

$$Q_{sh} \text{ at } y - y = 24.52 \times 1.05 = 25.74 \text{ ton}$$

$$Q_{sh} \text{ under column} = 24.52 \times .50 = 12.26 \text{ ton}$$

$$Q_{sh} \text{ at another side of column } P_2 = 80 - (25.75 + 12.26) = 42 \text{ ton}$$

$$Q_{sh} \text{ at } N - N = 24.52 \times .35 = 8.58 \text{ ton}$$

$$Q_{sh} \text{ under column } P_1 = 24.52 \times .35 = 8.58 \text{ ton}$$

$$Q_{sh} \text{ another side of column } P_1 = 50 - (8.58 + 8.58) = 32.48 \text{ ton}$$

$$d, \text{ at } Q_{sh} 42 \text{ ton} = \& \text{ let } q_s = 10 \text{ kg / cm}$$

$$\therefore T = \frac{Q_{sh}}{50 \times .87 \times 10} = \frac{42000}{50 \times .87 \times 70} = .96 \text{ cm take T 105 cm}$$

$$A_s \text{ to B.M. } y - y = \frac{M}{K_2 \times .87 T} = \frac{1351000}{1227 \times .87 \times 105} = 12 \text{ cm}^2 \text{ take } 4 \phi 19$$

$$A_s \text{ to B.M at zero shear} = \frac{2600000}{1227 \times .87 \times 105} = 23 \text{ cm}^2 \text{ take } 9 \phi 19$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ to B.M} &= N - N = \frac{300000}{1227 \times .87 \times 105} = 2.67 \text{ cm}^2 \text{ take } 1\phi 19 \\
 A_s &= \% 015 \text{ from } A_c = 105 \times 50 \times .015 \% = 7.87 \text{ cm take } 3\phi 19 \\
 \text{Check of punching stresses:} \\
 Q_p &= 80 - (.30 \times .50) 15.06 = 77.74 \text{ ton} \\
 q_p &= \frac{Q_p}{(30 + 50) 2 \times .87 \text{ T}} = \frac{77740}{(30 + 50) 2 \times .87 \times 105} = 5.31 \text{ kg / cm}^2 < 8 \\
 \text{Check of bond stress to slab} \\
 Q_b &= w \times \text{arm of B.M} = 15.06 \times .56 = 8.43 \text{ ton} \\
 q_b &= \frac{Q_b}{\Sigma \phi \times 3.14 \times D \times .87 \text{ T}} = \frac{8430}{6 \times 3.14 \times 103 \times .87 \times 30} = 13.18 \text{ kg / cm}^2 > 8 \text{ Kg / cm}^2 \\
 \text{To resist bond stress increase depth to } 40 \text{ cm and } 9\phi 13 \text{ instead of } 6\phi 13 \\
 q_b &= \frac{8430}{9 \times 3.14 \times 1.3 \times .87 \times 40} = 6.54 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ Kg / cm}^2
 \end{aligned}$$

ملحوظة هامة :

١ - لاستنتاج مساحة الحديد التي تغطي ١٠ كجم / سم^٢ لقوى القص فقد سبق أن عرفنا إذا زادت قوى القص عن ٧ كجم / سم^٢ يجب أن نعالج قوى القص بالكانات والأسياخ المكسحة .

٢ - لاستنتاج الكانات بفرض أن الكانة ذات ستة فروع $\phi 10$

$$\begin{aligned}
 q \text{ stir} &= \frac{A_s \text{ stir} \times F_s}{b \times a} \\
 &= \frac{6 \times .723 \times 1400}{15 \times 50} = 8.09 \text{ kg / cm}^2
 \end{aligned}$$

حيث :

$$\begin{aligned}
 6 &= \text{عدد فروع الكانة} \\
 15 &= \text{المسافة بين الكانتين بالسم} \\
 .723 &= \text{منساحة سبيخ } \phi 10 \\
 50 &= \text{عرض الكمره بالسم} \\
 1400 &= \text{جهد الحديد}
 \end{aligned}$$

يوضع $\phi 19$ أسياخ مكسحة لتحمل القص (Bent bars) وعليه سيكون هذا الحل مكلف جداً بالنسبة للحديد وإذا تم حساب الفرق بعد زيادة الارتفاع وبين الحديد الناتج من الحساب فللاقتصاد يجب زيادة الارتفاع إلى ١,٤٥ متر ويرجى الرجوع للمنشأة المعمارية لبُني الأساسات في دراسة العطاءات فستعرف على الفرق .

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ to T } 1.45 \text{ at B.M at } y - y &= \frac{1351000}{1227 \times .87 \times 145} = 8.73 \text{ cm}^2 \text{ take } 5\phi 16 \\
 A_s \text{ at zero shear} &= \frac{2600000}{1227 \times .87 \times 145} = 16.79 \text{ cm}^2 \text{ take } 9\phi 16 \\
 A_s \text{ at } N - N &= \frac{300000}{1227 \times .87 \times 145} = 1.9 \text{ cm}^2 \text{ take } 2\phi 16 \\
 q_b &= \frac{42000}{50 \times .87 \times 145} = 6.65 \text{ kg / cm}^2 < 7 \text{ Kg / cm}^2
 \end{aligned}$$

put stir 6 $\phi 6$ at four branches per m

النموذج الخامس

المطلوب تصميم قاعدة مشتركة لعمودين بنفس بيانات النموذج الرابع ولكن بدلاً من كمرة بين العمودين يتم عمل القاعدة بكون كمرة بنفس الأبعاد والأحمال السابقة .

Design of base

from example No (4)

$$\begin{aligned}
 \text{Area of base} &= 8.63 \text{ m}^2 \text{ \& load at area of base / m}^2 &= 15.06 / \text{m}^2 \\
 \text{C.G} &= 2.15 \text{ m \& length of base} &= 5.3 \text{ m \& breadth of base 1.62 m} \\
 \text{load at base / m}^2 &= 24.52 \text{ ton/ m}^2 \text{ \& zero shear} &= 2.03 \text{ m from neighbour} \\
 \text{B.M at zero shear} &= 26 \text{ m.t \& B.M at y - y} &= 7.87 \text{ m.t} \\
 d \text{ to B.M} &= K_1 \sqrt{\frac{m}{b}} = .334 \sqrt{\frac{2600000}{162}} &= 42 \text{ cm} \\
 d \text{ to shear} &= \frac{Q_s}{.87 \times q_s \times b_1} = \frac{42000}{.87 \times 6 \times 165} &= 48 \text{ say T 55 cm} \\
 A_s &= \frac{m}{k_2 \cdot d} = \frac{2600000}{1227 \times .87 \times 55} &= 44 \text{ cm take 22 } \phi 16 \text{ at 165 cm} \\
 \text{B.Mat } \chi - \chi &= \frac{1.65 - 30}{2} &= .675 \text{ m} \\
 \text{arm of cantilever} &= \frac{w x L^2}{2} = \frac{0.675^2 \times 15.06}{2} &= 3.28 \text{ m.t} \\
 \text{B.M} &= \frac{M}{2} = \frac{328000}{2} &= 5.12 \text{ cm}^2 \text{ say 5 } \phi 13 / \text{m}^2 \\
 A_s &= \frac{M}{K_2 \cdot d} = \frac{1227 \times .87 \times 55}{1351000} &= 23 \text{ cm}^2 \text{ say 12 } \phi 16 \text{ at 165 cm} \\
 A_s \text{ at B.M y - y} &= \frac{1227 \times .87 \times 55}{.55 \times 530 \times 2} &= 59 \text{ cm}^2 \text{ take 5 } \phi 13 / \text{m}^2 \text{ at top \& bottom} \\
 A_s &= 0.2 \% A_c &= 1000
 \end{aligned}$$

Check of punching

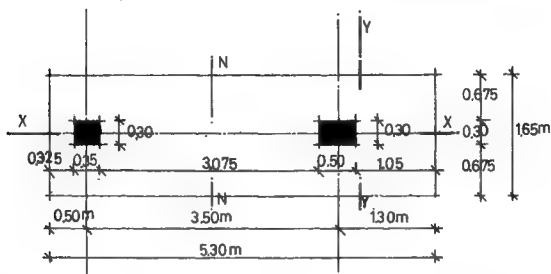
$$Q_p = 80 - \left[\left(a + \frac{2}{3} d \right) \times \left(b + \frac{2}{3} d \right) \right] 15.06 = 80 - [(30 + 40)(50 + 40)] 15.06 = 70.52 \text{ ton}$$

$$q_p = \frac{70520}{2 (70 + 90) \times .87 \times 55} = 4.60 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ Kg / cm}^2$$

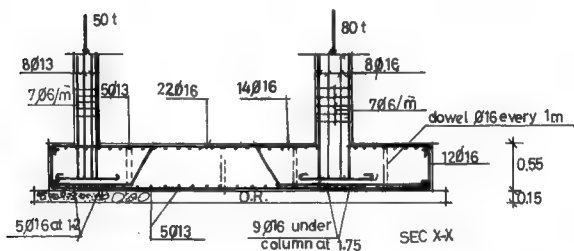
Check of bond

$$q_p = \frac{Q_p / 4}{\Sigma \phi \times 3.14 \times D \times .87 \times T} = \frac{70520 / 4}{29 \times 3.14 \times 1.6 \times .87 \times 55} = 2.4 \text{ kg/cm}^2 < 8 \text{ kg/cm}^2$$

نموذج الخامس
قاعدة مشتركة لعمودين مثل نموذج ٤ بدون كرة بينهما

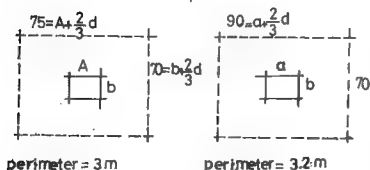


PLAN. 1:50



SEC X-X

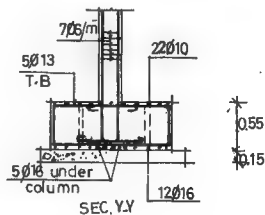
Effect of punch



perimeter = 3m

perimeter = 3.2m

let (d) = 60 cm



SEC. Y.Y

النموذج السادس

قاعدة مشتركة مستطيلة لعمودين أحدهما ملاصق للجار

Rectangular combined footing for two columns, one of them close to neighbour

المطلوب تصميم قاعدة مشتركة لعمودين أحدهما ملاصق للجار وحمله ٥٠ طن (P_1) وقطاعه 30×35 ، وبسليح $\phi 12$ م والعمود الثاني قطاعه 30×50 ، وبسليح $\phi 12$ م وحمله ٨٠ طن (P_2) والمسافة بين العمودين من المحور إلى المحور ٣,٥٠ وجهد التربة الخالص ١٩ طن / م^٢ وعمق الحفر من سطح الأرض ٢ م.

ويتم استعمال هذا النموذج في حالة ما إذا كان المسافة بين العمودين صغيرة وستختلط القاعدتين مع بعضهما ولتصميم هذه القاعدة يجب أن يكون طول القاعدة مساوياً لضعف المسافة لمركز ثقل العمودين والتي يتم تحديدها من بعد المحصلة عن خط الجار وبحسب القطاع الخرساني للقاعدة بحسب عزوم الإنحناء وتوزيعها طولياً على محور القاعدة الخط الواصل من الأعمدة وكما سبق في تصميم القواعد الشريطية أو القاعدة ذات الثلاثة أعمدة ويكون الإجهادات الخالصة f التي تستخدم لحساب القطاع مجموع أحمال الأعمدة

الخرساني للقاعدة حيث $f = \frac{\text{مجموع أحمال الأعمدة}}{\text{مساحة القاعدة}}$ ويجب أن يكون ارتفاع القاعدة يغطي جميع الإجهادات من قص واختراق

ونما سلك ، وخلافاً للتصميم المتبع في القواعد ذات الكمرات فإن الاتجاه العرضي transverse direction يجب حساب التسليح اللازم له وتصميم كفافة منفصلة لكل عمود على حدة على ألا يزيد عرض هذه القاعدة المتبر في الاتجاه الطولي عن عرض القاعدة المشتركة أو نصف المسافة بين العمودين المتجاورين (لا تزيد عن نصف البحر) .

التصميم

الحمل بما فيه إضافة حسب هذه المعادلة .

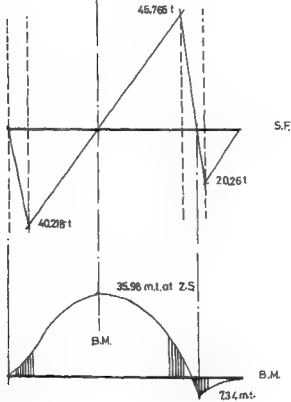
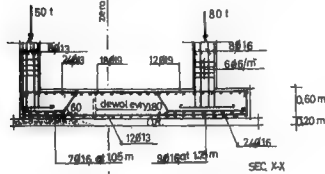
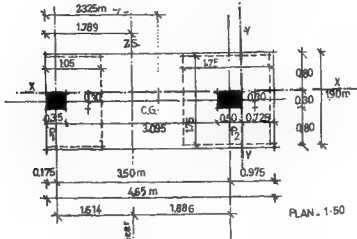
$$W = \frac{W}{1 - \gamma_a D_f / q_{all}} = \frac{130}{1 - \frac{2 \times 2}{19}} = \frac{130}{.79} = 164 \text{ ton}$$

$$\text{Area of base} = \frac{164}{19} = 8.63 \text{ m}^2$$

لاستنتاج مسافة مركز ثقل القاعدة (C.G) يتبع الآتي .

$$\begin{aligned} \text{C.G} &= 80 \times 3.5 = 1.3 \times x \quad \therefore x = 2.15 \text{ m} \\ \text{The length of the base} &= (2.15 + .175) \times 2 = 4.65 \text{ m} \\ \text{The breadth of the base} &= \frac{8.63}{4.65} = 1.86 \text{ say } 1.90 \text{ m} \\ \text{Load at base / m}^2 &= \frac{130}{8.63} = 15.06 \text{ ton / m}^2 \\ \text{Load at base / m} &= \frac{130}{4.65} = 27.95 \text{ Ton / m} \\ \text{Ta get zero shear,} &= 27.45 \times x = 50 \quad \therefore x = 1.789 \text{ m} \end{aligned}$$

النموذج الأساسي
قاعدة مستطيلة مشتركة لها سورين أحدهما مدعوم للبحر



Design of base

$$\begin{aligned}
 B.M = y - y &= \frac{wL^2}{2} = \frac{27.95 \times .725^2}{2} = 7.34 \text{ m.t} \\
 B.M = N - N &= \frac{wL^2}{2} = 50\pi \times \frac{27.95 \times 1.789^2}{2} = 50 \times 1.614 = 35.98 \text{ m.t} \\
 B.M = \chi - \chi &= \frac{wL^2}{2} / \bar{m} = \frac{0.80^2 \times 15.06}{2} = 4.81 \text{ m.t} / \bar{m}
 \end{aligned}$$

Transverse direction

سبق أن أخذنا المزم حول N-N وهذا المزم يمثل الاتجاه الطولي ولإنتاج المزم تحت الأعمدة تقسم المسافة بين محوري

العمودين $\div 2$ أى $1.70 = \frac{3.40}{2}$ وهى أقل من عرض القاعدة 1.90 وتصمم كفاعدة منفصلة لكل عمود على حدة على ألا يزيد عرض هذه القاعدة عن 1.9 وسنأخذ عرض هذه القاعدة 1.70 م.

$$\begin{aligned}
 \text{The distance of cantilever} &= \frac{1.75 - 30}{2} = .725 \text{ m} \\
 B.M \text{ under } P_1 &= \frac{50}{2} \times \frac{.725^2}{2} = 6.57 \text{ m.t} \\
 B.M \text{ under } P_2 &= \frac{80}{2} \times \frac{.725^2}{2} = 10.51 \text{ m.t} \\
 d \text{ to B.M } 35.98 \text{ m.t} &= .334 \sqrt{\frac{3598000}{190}} = 48 \text{ cm tak T } 50 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

To get d to resist shear

$$\begin{aligned}
 Q_s \text{ at } y - y &= .725 \times 27.95 = 20.26 \text{ ton} \\
 Q_s \text{ under } P_2 &= .50 \times 27.95 = 13.975 \text{ ton} \\
 Q_s \text{ at another side to } P_2 &= 80 - (20.26 + 13.975) = 45.765 \text{ ton} \\
 Q_s \text{ under } P_1 &= .35 \times 27.95 = 9.782 \text{ ton} \\
 Q_s \text{ at another side to } P_1 &= 50 - 9.782 = 40.218 \text{ ton} \\
 d \text{ to shear } 45.765 \text{ ton} &= \frac{45765}{190 \times .87 \times 8} = 34.60 \text{ cm say T } (50)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ at B.M. } 35.98 \text{ m.t} &= \frac{M}{K_2 .87 T} = \frac{3598000}{1227 \times .87 \times 50} = 67.41 \text{ cm}^2 \text{ say } 24 \phi 19 \text{ mm} \\
 \text{Increase (T) to } 60 \text{ cm to decrease } A_s &= \frac{3598000}{1227 \times .87 \times 60} = 56.71 \text{ cm}^2 \text{ say } 18 \phi 19 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$A_s \text{ to B.M } 4.81 \text{ m.t} / \bar{m} \text{ to } 4.65 \text{ m} = 4.81 \times 4.65 = 22.365 \text{ m.t} = \frac{2236500}{1227 \times .87 \times 60} = 34.92 \text{ cm}^2 \text{ say } 24 \phi 16 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 A_s \text{ under } P_1 &= \frac{657000}{1227 \times .87 \times 60} = \frac{10.25 \text{ cm}^2 \text{ say } 7 \phi 16 \text{ mm}}{1.05 \text{ m}} \\
 A_s \text{ under } P_2 &= \frac{1051000}{1227 \times .87 \times 60} = \frac{16.40 \text{ cm}^2 \text{ say } 9 \phi 16 \text{ mm}}{1.75 \text{ m}} \\
 A_s \text{ at } y - y &= \frac{734000}{1227 \times .87 \times 60} = 11.45 \text{ cm}^2 \text{ say } 12 \phi 13 \\
 A_s = 0.2\% A_c \text{ at one meter.} &= \frac{1000}{100} = 12 \text{ cm}^2 / \text{m} \text{ say } 6 \phi 13 \text{ } \sqrt{\text{m}} \text{ at top \& bottom}
 \end{aligned}$$

Check of punching stresses

$$\begin{aligned}
 Q_{p_2} &= 80 - \left(b + \frac{2}{3} d \right) (A + \frac{2}{3} d) 15.06 \\
 &= 80 - (.30 + .40) (.50 + .40) 15.06 = 70.52 \text{ ton} \\
 q_{p_2} &= \frac{70520}{2 (70 + 90) .87 \times 60} = 4.22 \text{ k / cm}^2 < 8 \text{ kg / cm}^2 \\
 Q_{p_1} &= 50 - \left(b + \frac{2}{3} d \right) (A + \frac{2}{3} d) 15.06 \\
 &= 50 - (.30 + .40) (.35 + .40) 15.06 = 42.094 \text{ ton} \\
 q_{p_1} &= \frac{42094}{(2 \times 75 + 70) .87 \times 60} = 3.665 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ kg / cm}^2
 \end{aligned}$$

Check of bond stress

$$\begin{aligned}
 Q_b &= Q_p / 4 \\
 &= \frac{70520/4}{9 \times 1.6 \times 3.14 \times .87 \times 60} = 4.45 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ kg / cm}^2
 \end{aligned}$$

النموذج السابع

قاعدة مشتركة شبه منحرف لعمودين أحدهما ملاصق للجدار

A combined trapezium footing for two columns one of them close to neighbour

المطلوب تصميم قاعدة مشتركة شبه منحرف لعمودين أحدهما (P_1) ملاصق لحظ الجدار (line property) قطاعه ٣٠×٤٠ سم وبتسليح $١٦ \phi ١٦$ مم والحمل الواقع عليه ٦٠ طن والعمود الثاني (P_2) قطاعه ٦٠×٣٠ وبتسليح $١٢ \phi ١٦$ مم والحمل الواقع عليه ١٠٠ طن والمسافة بين محوري الأعمدة $٣,٥٠$ م وإجمالي طول القاعدة $٤,٦٥$ م وجهد التربة ١٩ طن / م^٣ وعمق الحفر من سطح الأرض $٢,٠$ م.

ملحوظة : حدد طول القاعدة $٤,٦٥$ مثل المثال السابق لقاعدة مشتركة مستطيلة لعمودين أحدهما ملاصق للجدار وكان حمل كل منها $٨٠,٥٠$ طن وكانت للقاعدة مطلق الحرية في الطول وفي هذه القاعدة حدد هذا الطول بمقدار $٤,٦٥$ ولكن زيدت الأحمال إلى $١٠٠,٦٠$ طن وهذه الزيادة لا بد لها من مسطح أكبر فلا تصلح القاعدة المستطيلة وتصلح القاعدة الشبه منحرف لتعطينا المساحة المطلوبة لتوزيع الجهد - وبذلك تكون المحصلة w (مجموع حمل العمودين) فإنها ستقع على مسافة s من الجهة الداخلية والمسافة z من الجهة الخارجية وعليه يكون اختيار الشكل المستطيل مصحوباً للا مركزية وللتغلب على ذلك يجب تشكيل

القاعدة في المسقط الأفقي بحيث ينطبق مركز ثقل هذا الشكل على موقع المحصلة ويكون هذا الشكل هو شبه المنحرف .
وعليه يمكن حساب القيمة القصوى للوزن السالب والموجب ويحدد عرض القاعدة المناظر وكذلك قيمة القص القصوى وعرض القاعدة المناظر فإذا ما كان العرض المناظر أكثر من نصف البحر يأخذ العرض مساوياً لنصف البحر أى ٣,٥ ÷ ٢ مثل المثال السابق أو بطريقة سيتم الحل بها .

التصميم :

$$W = \text{total load of two column} = 60 + 100 = 160 \text{ ton}$$

$$\bar{W} = \frac{W}{1 - \gamma_a \cdot D_p / q_{all}} = \frac{160}{1 - \frac{2 \times 2}{19}} = \frac{160}{0.789} = 202 \text{ ton}$$

$$\text{Area of base} = \frac{160}{19} = 10.63 \text{ m}^2$$

$$\text{net load on m}^2 \text{ for base} = \frac{160}{10.63} = 15.05 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} \text{To get C.G.} &= 100 \times 3.5 &= 160 \times x &\therefore x = 2.19 \text{ m from } p_1 \\ \text{The distance (S)} &= 4.65 - (2.19 + 20) &= 2.26 \text{ m from C.G.} \end{aligned}$$

لاستنتاج الضلع الأكبر للقاعدة B_2 والضلع الأصغر للقاعدة B_1 يستعمل القانونين التاليين :

$$\begin{aligned} 1- B_1 &= \frac{2A}{L^2} (3S - L) = \frac{2(10.63)}{(4.65)^2} (3 \times 2.26 - 4.65) \\ &= \frac{21.26}{21.62} (6.78 - 4.65) = 1.92 \text{ m} \\ 2- B_2 &= \frac{2A}{L} - B_1 = \frac{2(10.63)}{4.65} - 1.92 \\ &= \frac{4.57}{4.65} - 1.92 = 2.65 \end{aligned}$$

حيث :

B_1 = الضلع الأصغر للشبه منحرف .

B_2 = الضلع الأكبر للشبه منحرف .

A = مساحة الشبه منحرف .

S = المسافة من الـ C.G. حتى نهاية القاعدة من الداخل .

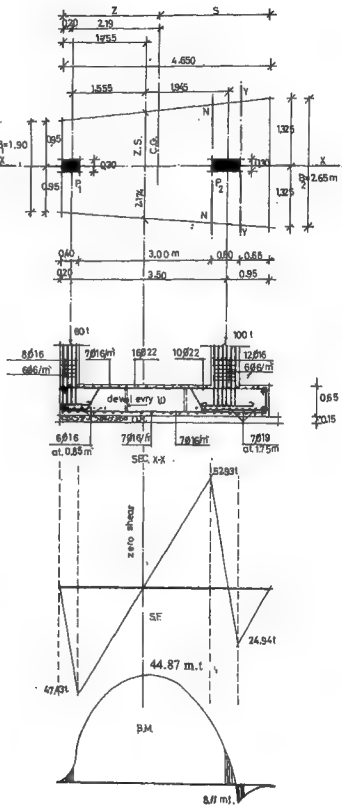
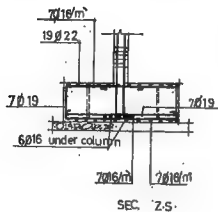
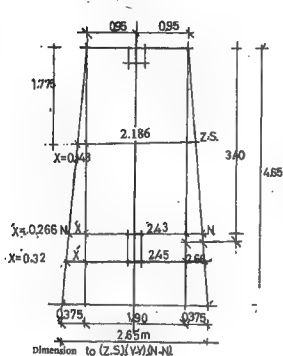
L = طول القاعدة على المحور .

وللتأكد من هذه النتائج تستخرج مساحة الشبه منحرف كالتالى :

$$A = \frac{B_1 + B_2}{2} \times L = \frac{1.92 + 2.65}{2} \times 4.65 = 10.625 \text{ m}^2 \therefore \text{safe}$$

$$\text{Load at base / m}^2 = \frac{160}{10.625} = 15.05 \text{ ton / m}^2$$

المستخرج السابع : قاعدة مشتركة لسبعين عموداً مدعومة للجدار



$$\text{Load at one meter under } p_1 = 15.05 \times 1.92 = 28.90 \text{ ton / m}^2$$

To get zero shear $\therefore p_1 = f \text{ Net } x \times + L^- \times x^2$ قانون

$$\therefore 60 = 28.90 \times x + 3 \times x^2$$

$$= 3x^2 + 28.90x - 60 = 0$$

هذه المعادلة من الدرجة الثانية وحلها يتبع القانون الآتي والسابق شرحه :

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} = \frac{28.90 \pm \sqrt{28.896^2 - 4 \times 3 \times -60}}{2 \times 3} = 1.755 \text{ m}$$

حيث :

$$p_1 = \text{حمل العمود الملاصق للجدار} = 60$$

$$F_{\text{net}} = \text{الجهد على القاعدة بالتر المسطح} = 28.90$$

$$x = \text{المسافة الـ zero shear من نهاية القاعدة الملاصقة للجدار}$$

$$L^- = \text{المسافة بين وجهي الأعمدة} = 3 \text{ م} = (3.0 + 2.0) - 3.0$$

$$\text{To get breadth at zero shear} \quad \frac{2.65 - 1.90}{2}$$

$$(1) \text{ get } x = \left(\frac{2}{4.65} = \frac{x}{1.775} \right) \therefore \left(\frac{.375}{4.65} = \frac{x}{1.775} \right) \therefore x = .143 \text{ m}$$

$$(2) \text{ the breadth of zero shear} = (2 \times .143) + 1.90 = 2.186 \text{ m}$$

$$\text{To get breadth at N - N} = \left(\frac{\frac{2.65 - 1.90}{2}}{4.65} = \frac{x}{3.40} \right) \therefore \left(\frac{.365}{4.65} = \frac{x}{3.40} \right) \therefore x = .266 \text{ m}$$

$$\therefore \text{the breadth at N - N} = .266 \times 2 + 1.900 = 2.432 \text{ m}$$

$$\text{Take B.M} = \text{zero shear} = 1.555 \times 60 - \frac{2.186 + 1.90}{2} \times \frac{1.775^2}{2} \times 15.05 = 44.87 \text{ m.t}$$

$$\text{To check take B.M at column } 100 \text{ ton} = 1.945 \times 100 - \frac{2.65 + 2.186}{2} \times \frac{2.875^2}{2} \times 15.05 = 44.61 \text{ m.t}$$

ملحوظة هامة : تم عمل مقارنة باستنتاج العزم الحال بطريقتين للتأكد من صحة هذه المعادلات حيث بها تقريب بسيط جداً وهذا واضح من النتائج .

Transverse Direction

$$\begin{array}{lcl} \text{B.M under } P_1 & = \frac{P_1}{2} & \times \frac{B_1 - .30}{2} \\ & = \frac{60}{2} & \times \frac{1.90 - .30}{2} \\ & = \frac{60}{2} & \times \frac{1.60}{2} = 9.6 \text{ m.t} \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{B.M under } P_2 & = \frac{P_2}{2} & \times \frac{B_2 - .30}{2} \\ & = \frac{100}{2} & \times \frac{2.65 - .30}{2} \\ & = \frac{100}{2} & \times \frac{2.35}{2} = 34.5 / \text{ m.t} \end{array}$$

حيث :

- P_1 = حمل العمود الملاصق للجدار ٦٠ طن .
 B_1 = عرض القاعدة الملاصقة للجدار = ١,٩٠ .
 P_2 = حمل العمود الملاصق للجدار .
 B_2 = عرض القاعدة من الداخل = ٢,٦٥ .
 P_3 = عرض العمود الداخلي .

To get breadth at y - y

$$\left(\frac{\frac{2.65 - 1.90}{2}}{4.65} = \frac{x}{4.0} \right) \times 2 + 190 = 2.45 \text{ m}$$

To get shearing force say:-

$$Q_s \text{ at } y - y = \frac{2.65 + 2.45}{2} \times .65 \times 15.05 = 24.94 \text{ ton}$$

$$Q_s \text{ under column } P_2 = 2.45 \times .60 \times 15.05 = 22.123 \text{ ton}$$

$$Q_s \text{ at } N - N = 100 - (24.94 + 22.123) = 52.93 \text{ ton}$$

$$Q_s \text{ under column } P_1 = 0.30 \times 1.90 \times 15.05 = 8.57 \text{ ton}$$

$$Q_s \text{ another side } P_1 = 60 - 8.57 = 47.43 \text{ ton}$$

To get d take Q_s (52.93 ton) to resist shear

$$T \text{ at } y - y = \frac{52930}{2} = 38.70 \text{ say } 50$$

$$B.M \text{ at } y - y = \frac{2.65 + 2.45}{2} \times \frac{.65^2}{2} \times 15.05 = 8.11 \text{ m.t}$$

$$d \text{ to B.M at zero shear} = .334 \sqrt{\frac{11500000}{218.6}} = 48.09 \text{ cm say } T \ 55 \text{ cm}$$

$$A_s \text{ to zero shear} = \frac{M}{K_2 \cdot d} = \frac{4487000}{1227 \times .87 \times 55} = 84 \text{ cm}^2 = 22 \phi 22$$

Increase T to 65 cm because this section is not economy

$$A_s \text{ to zero shear} = \frac{M}{K_2 \cdot d} = \frac{4487000}{1227 \times .87 \times 65} = 64.85 \text{ cm}^2 \text{ take } 16 \phi 22$$

$$A_s \text{ per } m^2 = 0.2 \% \text{ from } A_c = \frac{1000}{1000} = 13 \text{ cm}^2/m^2 \therefore 7 \phi 16/m^2$$

$$A_s \text{ at } y - y = \frac{837700}{1227 \times .87 \times 65} = 12.07 \text{ cm}^2 \text{ take } 9 \phi 13$$

$$A_s \text{ under } P_1 = \frac{960000}{1227 \times .87 \times 50} = 13.83 \text{ cm}^2 \text{ take } \frac{6 \phi 16}{.85 \text{ m}}$$

$$A_s \text{ under } P_2 = \frac{3306000}{1227 \times .87 \times 65} = 47.64 \text{ cm}^2 \text{ take } \frac{17 \phi 19}{1.75 \text{ m}}$$

check of punching

$$\frac{2}{3} T = \frac{2}{3} \times 65 = .43 \text{ m}$$

$$Q_p \text{ at } P_1 = 60 - (.40 + .43) (.30 + .43) \times 15.05 = 51.26 \text{ ton}$$

$$q_p \text{ at } p_1 = \frac{51260}{(40 + 43) 2 + (30 + 43) .87 \times 65} = 3.79 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ Kg / cm}^2$$

$$Q_p \text{ at } p_2 = 100 - [(.60 + .43) (.30 + .43)] \times 15.05 = 88.22 \text{ ton}$$

$$q_p \text{ at } P_2 = \frac{88220}{[(60 + 43) + (30 + 43)] 2 \times .87 \times 65} = 5.34 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ Kg / cm}^2$$

check of bond

$$Q_b \text{ at } p_2 = \frac{Q_p / 4}{88220 / 4} = 3.84 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ Kg/cm}^2$$

$$q_b \text{ at } P_2 = \frac{17 \times 1.9 \times 3.14 \times .87 \times 65}{17 \times 1.9 \times 3.14 \times .87 \times 65}$$

النموذج الثامن

سبق بالنموذج السابع لتصميم قاعدة مشتركة شبه منحرف بدون كمرة بين العمودين والنموذج الثامن هو نفس المثال السابق ولكن هناك كمرة تربط العمودين ببعضهما والمقاسات للقاعدة كما في المثال السابق طولها $4.60 \times 2.90 / 1.9 \text{ م}$ والعزم الحائى 44.87 م . طن وقوى القص 52.93 طن والجهد على القاعدة 10.00 طن / م^2 ومقاس العمودين كالسابق والمطلوب تصميم قاعدة بقطاع T على أساس البيانات السابقة.

التصميم

Design of slab

$$\text{Let the breadth of beam} = .50$$

$$\text{The arm of B.M at N - N} = \frac{2.432 - .50}{2} = .965 \text{ m}$$

$$B.M = \frac{wL^2}{2} = \frac{15.05 \times .965^2}{2} = 7 \text{ m.t}$$

$$Q_s \text{ at one meter from slab} = 15.05 \times .965 = 14.25 \text{ m.t}$$

$$d \text{ to resist shear} = \frac{14250}{100 \times .87 \times 7} = 23 \text{ say } T 30 \text{ cm}$$

$$T \text{ to resist B.M} = .334 \sqrt{\frac{700000}{100}} = 27.94 \text{ cm say } 35 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{M}{K_2 \times .87 \times T} = \frac{700000}{1227 \times .87 \times 35} = 18 \text{ cm}^2 \text{ say } 9 \phi 16 / \text{m}^2$$

$$\bar{A}_s = 0.2 \% \text{ from } A_c = \frac{2.43 \times 35 \times 2}{1000} = 17 \text{ cm}^2 = 14 \phi 13 \text{ at top \& bottom}$$

check of bond

$$Q_b \text{ to slab} = 14.25 \text{ ton}$$

$$q_b = \frac{Q_b}{\Sigma \phi \times 3.14 \times .87 T} = \frac{14250}{18 \times 3.14 \times 1.6 \times .87 \times 35} = 5.17 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ kg}$$

Design of beam

$$\text{let } b = 50$$

$$B.M = 44.87 \text{ m.t} \quad Q_{sh} = 52.93 \text{ ton}$$

$$d \text{ to B.M} = K_1 \sqrt{\frac{M_1}{B}} = .334 \sqrt{\frac{4487000}{50}} = 100 \text{ cm take } 105 \text{ cm.}$$

$$T \text{ to } Q_{sh} = \frac{52930}{8 \times .87 \times 50} = 145 \text{ cm take } 150 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{M}{k_2 \cdot d} = \frac{4487000}{1227 \times .87 \times 150} = 28 \text{ cm}^2 \text{ say } 10 \phi 19$$

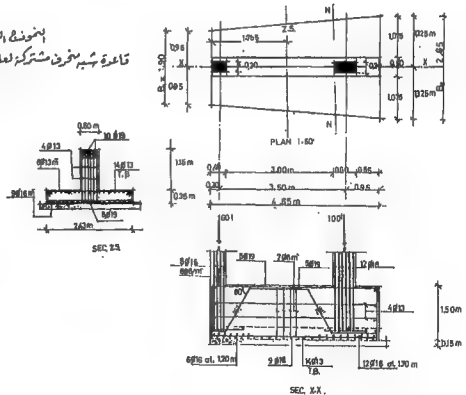
$$\bar{A}_s = 0.2 \% A_c = \frac{50 \times 150 \times 2}{1000} = 15 \text{ cm}^2 \text{ say } 5 \phi 19$$

check of punching

$$Q_p = 100 - (.60 \times .30 \times 15.05) = 97.291 \text{ ton}$$

$$q_p = \frac{97291}{2 (30 + 60) \times .87 \times 150} = 4.141 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ kg / cm}^2$$

القاعدة سيتم منحرف مشترك مع المودين الجدران مع المودين المودين المودين



A_s stirrupsWe take q_s 8 kg / cm²

$$A_s \text{ stirrup} = \frac{6 \times .494 \times 1400}{15 \times 50} = 5.53 \text{ kg / cm}^2$$

put bent bars 4 ϕ 19 and stirrup ϕ 8 every 15 cm 6 branches.

النموذج التاسع

المطلوب تصميم قاعدة مشتركة لثلاثة أعمدة منهم عامودين ملاصقين للجدار حمل أحدهما ١٣٠ طن بقطاع ٨٥ × ٣٠ سم ويتسليح ١٢ ϕ ١٦ والأوسط حمله ١٦٠ طن بقطاع ٣٠ × ١٠٠ سم ١٦ ϕ ١٦ والثالث حمله ١١٠ طن بقطاع ٣٠ × ٧٥ سم ويتسليح ١٠ ϕ ١٦ وجهد الأرض ٢٠ طن / م^٢ وعمق الحفر ٢ م ويربط هذه الأعمدة ككرة بالوسط والمسافة من الأعمدة ٥٠ ، ٥٠ ، ٥٠ م من محور الأعمدة .

التصميم :

$$W = \text{total load of three column} = 110 + 160 + 130 = 400 \text{ ton}$$

$$\bar{W} = \frac{W}{1 - \frac{q_n \cdot De}{q_{all}}} = \frac{400}{1 - \frac{12 \times 2}{20}} = \frac{400}{.90} = 444 \text{ ton}$$

$$\text{Area of base} = \frac{444}{20} = 22.2 \text{ m}^2$$

$$\text{net load on m}^2 \text{ for base} = \frac{400}{22.2} = 18 \text{ ton / m}^2$$

$$\text{Total length of base} = 5 + 5.5 + \frac{.70 + 80}{2} = 11.25 \text{ m}$$

$$\text{The breadth of the base} = \frac{22.2}{11.25} = 1.97 \text{ m}$$

$$\text{load / m} = \frac{400}{11.25} = 35.55$$

$$\text{To get C.G of three loads} = 160 \times 5 + 130 \times 10.5 = 400 \times x \quad \therefore x = 5.41 \text{ m}$$

$$\text{zero shear to distance 5 m} = 35.55 \times x = 110 \quad \therefore x = 3.09 \text{ m}$$

$$\text{zero shear to distance 5.5} = 35.55 \times x = 130 \quad \therefore x = 3.65 \text{ m}$$

$$\text{The distance from C.G to axis of load 160 ton} = 5.41 - 5.00 = 0.41 \text{ m}$$

Design of base

let breadth of beam 60 cm

$$\text{The arm of B.M to base} = \frac{1.97 - .60}{2} = .685 \text{ m}$$

$$\text{B.M to base} = \frac{wL^2}{2} = \frac{18 \times .685^2}{2} = 4.22 \text{ m.t}$$

$$\text{Take } f_c = 55 \text{ kg / cm}^2 \quad K_1 = .334 \quad K_2 = 1227 \text{ when } f_c = 1400 \text{ Kg/cm}^2$$

$$d \text{ to base} = .334 \sqrt{\frac{4 \cdot 22000}{100}} = 22 \text{ cm say } T = 35 \text{ cm}$$

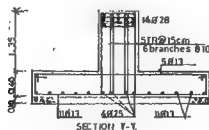
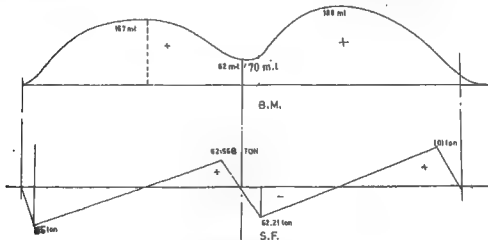
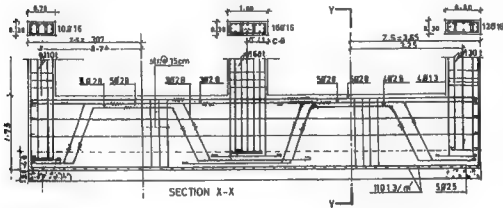
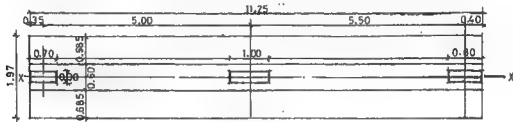
$$A_s = \frac{M}{K_2 d} = \frac{422000}{1227 \times .87 \times 35} = 13 \text{ cm}^2 \text{ say } 11 \phi 13$$

$$\bar{A}_s = 1.97 \times 35 \times 0.15\% = 10 \text{ cm}^2 \text{ say } 10 \phi 13$$

Design of beams

العمود ذو عمودين مختلفي الأحمال والمسافات

FOOTING WITH THREE COLUMN DIFFERENT IN LOADING AND DISTANCES



Design of beam 5.5 m'

$$\text{Distances of 3.5 from C.G of column} = 3.65 - .40 = 3.25 \text{ m}$$

$$\text{B.M to beam 5.5 m} = 3.25 \times 130 - \frac{3.65^2 \times 35.55}{2} = 186 \text{ m.t}$$

$$d = k_1 \sqrt{\frac{M}{b}} = .334 \sqrt{\frac{18600000}{60}} = 175 \text{ cm}$$

$$Q_s = 130 - .80 \times 35.55 = 101 \text{ ton}$$

$$d \text{ to shear} = \frac{101000}{12 \times .87 \times 60} = 161 \text{ say } 175 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{M}{f_s \times .87 T} = \frac{18600000}{1400 \times .87 \times 175} = 97 \text{ cm} = 14 \phi 28$$

$$A_s \text{ stirr} = \frac{6 \times .723 \times 1400}{60 \times 15} = 6.748 \text{ kg / cm}^2$$

Take stirrups every 15 cm ϕ 10 six branches

$$A_s b = \frac{(12 - 6.748) \times 175 \times \sqrt{3} \times 60}{1400 \times 2} = 34 \text{ cm}^2 \text{ say } 6 \phi 28$$

$$A_s^- = 60 \times 175 \times 0.15\% = 16 \text{ cm say } 4 \phi 25$$

Design of beam 5 m'

$$\text{distance of zero shear from C.G of column } 110 \text{ ton} = 3.09 - .35 = 2.74 \text{ m}$$

$$\text{B.M to beam 5 m} = 2.74 \times 110 - \frac{2.74^2 \times 35.55}{2} = 167 \text{ m.t}$$

$$Q_s = 110 - .70 \times 35.55 = 85 \text{ ton}$$

$$q_s = \frac{85000}{60 \times .87 \times 175} = 9.6 \text{ kg / cm}^2$$

$$A_s = \frac{M}{f_s \times .87 T} = \frac{16700000}{1400 \times .87 \times 175} = 78 \text{ cm}^2 \text{ } 13 \phi 28$$

$$|q| \text{ stirr} = \frac{6 \times .494 \times 1400}{60 \times 15} = 4.61 \text{ kg / cm}^2$$

Take stirrups every 15 cm ϕ 8 six branches

$$A_s \text{ bent} = \frac{(9.6 - 4.61) \times 175 \times \sqrt{3} \times 60}{1400 \times 2} = 32 \text{ cm}^2 \text{ } 6 \phi 28$$

$$\text{B.M at C.G} = (.41 \times 160 + 5.41 \times 110) - \frac{5.76^2 \times 35.55}{2} = 70 \text{ m.t}$$

$$\text{B.M at axis of column } 160 \text{ ton} = (.80 \times 25 + 110 \times 5) - \frac{5.35^2 \times 35.55}{2} = 62 \text{ m.t}$$

$$\text{distance of z.s at right load } 160 \text{ ton} = 5.90 - 3.65 - .50 = 1.75 \text{ m}$$

$$Q_s = 1.75 \times 35.55 = 62.21 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned}
 \text{distance of z.s at left load 160 ton} &= 5.35 - 3.09 - .50 &= 1.76 \text{ m} \\
 Q_1 &= 1.76 \times 35.55 &= 62.568 \text{ ton} \\
 Q_2 \text{ under column} &= 1 \times 35.55 &= 35.55 \text{ ton} \\
 \text{check of } Q &= 62.21 + 62.568 + 35.55 &= 160.328 \text{ ton ok}
 \end{aligned}$$

Check of bond to base

$$Q_b = .685 \times 18 = 12.33 \text{ ton}$$

$$q_b = \frac{12330}{11 \times 1.3 \times 3.14 \times .87 \times 35} = 9.01 > 8 \text{ kg / cm}^2$$

$$\text{take } T = 40 \text{ and check } = \frac{12330}{11 \times 1.3 \times 3.14 \times .87 \times 40} = 5.97 < 8 \text{ kg / cm}^2$$

النموذج العاشر

القواعد الكابولية Strap Footing

المطلوب تصميم قاعدتان منفصلتان لعمودين أحدهما ملاصق للجدار وحمل العمود ٦٠ طن (P_1) بقطاع ٣٠ × ٤٠ سم ويتسليح ٨ ϕ ١٦ مم والعمود الداخل بقطاع ٣٠ × ٦٠ سم وحمله ١٠٠ طن (P_2) ويتسليح ١٢ ϕ ١٦ مم والمسافة بين محوري العمودين ٤,٥٠ م يربطهما كابولي Strap beam وحمل التربة الخالص ٢٠ طن / م^٢ وعمق الحفر ١,٨٠ م من سطح الأرض.

وهذا النموذج يتم في حالة مسافة كبيرة بين القاعدتين وعند التصميم لا يتخلط بينهما وتستخدم كبديل للقواعد المشتركة المستطيلة أو الشبه منحرف ويكون استخدامها أكثر ملاءمة إذا ما كانت الأعمدة متباعدة مما يسبب ضخامة القاعدة المشتركة إذا ما اختيرت مستطيلة أو شبه منحرف ويقوم الكابولي بمقاومة اللامركزية عن طريق عزوم الإنحناء وقوى قص تأخذ قيمتها القصوى قرب عمود الجدار - وتقاوم قوى الأعمدة بقواعد منفصلة من اللامركزية وتصمم كقواعد منفصلة معرضة لقوى محورية ومهمة تلك القواعد توزيع الأحمال على التربة مع الأخذ في الاعتبار الشروط الآتية :

- ١ - يفترض أن وزن الكابولي strap beam مهملاً ولا يشترك في توزيع الحمل على التربة .
- ٢ - نفترض لا مركزية (e) للقاعدة الخارجية لإمكان حساب قوى القص والعزوم وعليه فلا يوجد حل واحد للحالة الواحدة بشرط أن يكون عرض الكابولي أكبر من عرض العمود بمقدار ١٠ سم على الأقل .

التصميم :-

$$\text{نفرض أن قاعدة الجدار طولها ١٨٠ سم ومحورها } \frac{180}{4} = ٩٠ \text{ سم } \therefore e = ٩٠ - ٢٠ = ٧٠ \text{ سم}$$

$$\begin{aligned}
 L_1 &= L - e &= 4.5 - .70 &= 3.80 \text{ m} \\
 \bar{P}_1 &= \frac{P_1 \times L}{L_1} &= \frac{60 \times 4.5}{3.80} &= 71.05 \text{ ton} \\
 \bar{P}_2 &= \frac{P_1 + P_2 - \bar{P}_1}{\bar{P}_1} &= \frac{(60 + 100) - 71.05}{71.05} &= 88.95 \text{ ton} \\
 \bar{W}_1 &= \frac{1 - \delta_4 \cdot D_p / q_{all}}{1 - \frac{20}{20}} &= \frac{2 \times 1.80}{0.82} &= 86.46 \text{ ton} \\
 \bar{W}_2 &= \frac{\bar{P}_2}{0.82} &= \frac{88.95}{0.82} &= 108.47 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

A_1	$= \frac{86.46}{20}$	$= 4.32$	$= (1.8 \times 2.4) \text{ m}$
A_2	$= \frac{108.47}{20}$	$= 5.42$	$= (2.20 \times 2.50) \text{ m}$
The Load on base P_1 per m^2	$= \frac{71.05}{1.80}$		$= 39.47 \text{ ton} / \text{m}^2$
The Load on base P_1 per m^2	$= \frac{71.05}{4.32}$		$= 16.44 \text{ ton} / \text{m}^2$
The Load on base P_2 per m^2	$= \frac{88.95}{2.5}$		$= 35.58 \text{ ton} / \text{m}^2$
The Load on base P_2 per m^2	$= \frac{88.95}{5.42}$		$= 16.41 \text{ ton} / \text{m}^2$
B.M to beam at end of base P_1	$= 71.05 \times 1.60 - \frac{39.47 \times 1.8^2}{2}$		$= 113.68 - 63.94 = 49.64 \text{ m.t}$
Q_1 to base P_2	$= .95 \times 35.58$		$= 33.800 \text{ ton}$
Q_2 under column P_2	$= .60 \times 35.58$		$= 21.348$
Q_3 another side of column P_2	$= 88.95 - (33.800 + 21.348)$		$= 33.800 \text{ ton}$
Q_4 under column P_1	$= .40 \times 39.47$		$= 15.788 \text{ ton}$
Q_5 to base P_1	$= 71.050 - 15.788$		$= 55.262$
difference load on beam	$= 100 - 88.95$		$= 11.05 \text{ ton}$

حيث e = eccentricity بعد اللامركزية عن محور القاعدة .

\bar{e} = البعد بين محوري العمود - eccentricity

\bar{P}_1 = الحمل بعد الزيادة للعمود P_1

\bar{P}_2 = الحمل بعد الزيادة للعمود P_2

\bar{W}_1 = الحمل للعمود P_1 بعد إضافة وزن القاعدة وخلافه للقاعدة الملاصقة للجدار .

\bar{W}_2 = الحمل للعمود P_2 بعد إضافة وزن القاعدة وخلافه للقاعدة الداخلية .

Design of beam

$$d \text{ to B.M of beam } . d = K_1 \sqrt{\frac{M}{b}} = .334 \sqrt{\frac{4964000}{50}} = 105.23 \text{ cm say } 110 \text{ cm}$$

$$d \text{ to shear of beam } = \frac{Q_3}{0.8 \times 50 \times 8} = \frac{55262}{.87 \times 50 \times 8} = 158.8 \text{ cm say } 160 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{M}{K_2 \cdot 87 \cdot d} = \frac{4964000}{.87 \times 160 \times 1227} = 29.06 \text{ cm}^2 \text{ say } 11 \phi 19$$

$$\bar{A}_s = \frac{50 \times 160 \times 15}{10000} = 12 \text{ cm say } 4 \phi 19$$

we take $8 \text{ kg} / \text{cm}^2$ to shear $> 7 \text{ k} / \text{cm}^2$

$$A_s \text{ stirrups} = \frac{6 \times .444 \times 1400}{15 \times 50} = 5.53 \text{ kg / cm}^2$$

put ϕ 8 stirr every 15 cm 6 branches' & put 5 ϕ 19 bent bars

Design of exterior footing P_1

$$\text{Arm of B.M at } x-x = \frac{2.4 - .30}{2} = 1.05 \text{ m}$$

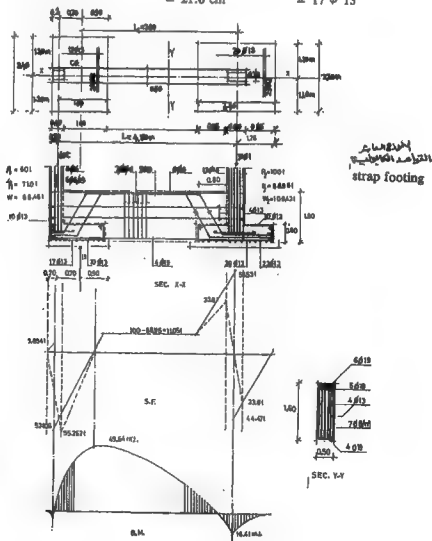
$$\text{B.M} = \frac{1.05^2}{2} \times 1.8 \times 16.44 = 16.41 \text{ m.t}$$

$$d = K_1 \sqrt{\frac{M}{b}} = .334 \sqrt{\frac{1631000}{180}} = 31 \text{ cm}$$

= say 60 cm to equal the depth of P_2

$$A_s P_1 = \frac{M}{K_s \cdot 87 \times T} = \frac{1631000}{1227 \times 87 \times 60} = 25 \text{ cm}^2 = 20 \phi 13$$

$$\bar{A} P. = 0.15 \% \times 60 \times 240 = 21.6 \text{ cm}^2 = 17 \phi 13$$



Design the interior footing P_2

$$\begin{aligned}
 \text{The arm of B.M from to sides} &= \frac{2.20 - 30}{2} = .95 \text{ m} \quad \frac{2.50 - 60}{2} = .95 \text{ m} \\
 \text{B.M at one meter} &= \frac{wL^2}{2} = \frac{16.41 \times .95^2}{2} = 7.04 \text{ m.t / m} \\
 \text{B.M at the length} &= 2.5 \times 7.04 = 17.6 \text{ m.t} \\
 \text{B.M at the breadth} &= 2.2 \times 7.04 = 15.5 \text{ m.t} \\
 d &= K_1 \sqrt{\frac{M}{b}} = .334 \sqrt{\frac{1760000}{250}} = 28 \text{ cm say } 40 \\
 A_s &= \frac{M}{K_2 .87 \times d} = \frac{1760000}{1227 \times .87 \times 40} = 41.2 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Increase T to 60 because this section is not economy

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1760000}{1227 \times .87 \times 60} = 27.47 \text{ cm}^2 \quad \frac{23 \phi 13}{2.50 \text{ m}} \\
 &= \frac{.23}{2.50} \times 2.20 = \frac{20 \phi 13}{2.20 \text{ m}}
 \end{aligned}$$

As at B.M 15.5 m.t

Check of stresses

Check of punch to beam

$$\begin{aligned}
 Q_p \text{ on beam at load } P_2 &= 88.95 - 2 (60 \times 30) 16.41 = 86 \text{ ton} \\
 q_p &= \frac{86000}{2 (60 + 30) \times .87 \times 160} = 4.11 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ kg / cm}^2
 \end{aligned}$$

check of bond to base P_1

$$Q_p = \frac{Q_p / 4}{\Sigma \phi \times 3.14 \times 1.3 \times .87 \times 60} = \frac{71050 / 4}{20 \times 3.14 \times 1.3 \times .87 \times 60} = 4.16 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ kg / cm}^2$$

ملحوظة : في تصميم القاعدة المنفصلة P_2 روعي أن الفرق بين ضلعي العمود واحد .

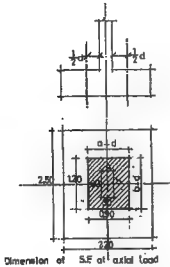
وهو ٦٠ ، ٣٠ ، - ٣٠ ، وهو نفس الفرق بين ضلعي القاعدة وهو ٢٠ ، ٣٠ ، ٢٠ ، ٣٠ ، وذلك أسهل الحلول ليتساوى ال B.M في جميع الاتجاهات وقد صممت بهذه الطريقة .

- لو فرض لم يكن عليها كمرة لا مركزة والحمل محوري يستجيب قوى القص كالآتي :

$$\begin{aligned}
 \text{أبعاد قوى القص} &= \text{الضلع الأصغر} + \text{ارتفاع القاعدة} ، \text{الضلع الأكبر} + \text{ارتفاع القاعدة} و عليه تصبح الأبعاد ٦٠ + ٣٠ = ٩٠ ، ٦٠ + ٦٠ = ١٢٠ .
 \end{aligned}$$

ولاستنتاج قوى القص : يجب إيجاد جهد الضغط على القاعدة وذلك بإضافة ٥ % من حمل العمود لوزن القاعدة المسلحة والميلدة .

$$\begin{aligned}
 \text{حمل العمود} &= 1,00 \times 100 = 100 \text{ طن} \\
 \text{أبعاد القاعدة المسلحة} &= 2,00 \times 2,20
 \end{aligned}$$



قوى القص = حمل العمود - (١,٢ × ٩,٠) × الجهد على

الدكة علماً بأن (١,٢ × ٩,٠) مساحة الجزء للظلال بالرسم .

$$= 100 - 1.2 \times 9.0 \times 19 = 79.48 \text{ طن}$$

يقاوم قوى القص محيط أبعاد قوى القص × ٨٧ × الارتفاع الفعال

$$= 2 \times (1.20 + 0.90) \times 87 = 219.24 \text{ سم}^2$$

$$79.48$$

$$= 3.62 \text{ كجم / سم}^2$$

$$\frac{79.48}{219.24} = \text{جهد القص}$$

في حالة ما إذا كان قاعدة خرسانة عادية تحت القاعدة المسلحة يراعى ما جاء في الباب الثالث من الجزء الأول بالمتنشا المعمارية (تصميم القواعد والأعمدة) .

لاستنتاج قوى الاختراق (Punching) يتبع الآتي :

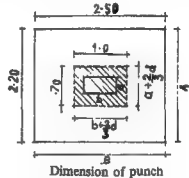
نفرض عرض العمود (a) = ٣,٠ م ، وطول قطاع العمود (b) = ٦,٠ م ، وارتفاع القاعدة (b) = ٦,٠ م

$$Q_p = P - \left(a + \frac{2}{3} \right) \left(b + \frac{2}{3} d \right) \times f$$

$$= 100 - \left(0.30 + 0.40 \right) \left(0.60 + 0.40 \right) \times 19 = 86.7 \text{ ton}$$

$$q_p = \frac{Q_p}{2 \left(a + \frac{2}{3} d \right) + \left(b + \frac{2}{3} d \right) \times d \times f}$$

$$= \frac{86700}{2 (70 + 100) \times 60 \times 1.9} = 4.25 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ kg / cm}^2$$



لاستنتاج قوى التماسك (bond) يتبع الآتي :

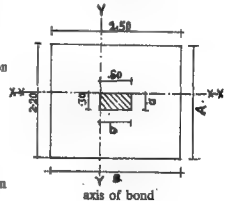
نفرض طول القاعدة: B = ٢,٥ م وطول قطاع العمود: b = ٦,٠ ، وعرض القاعدة A = ٢,٢ م وعرض العمود: a = ٣,٠ ، وارتفاع القاعدة (d) = ٦,٠ م .

$$Q_b \text{ at } y-y = \frac{1}{4} (A + a) (B - b) f$$

$$= \frac{1}{4} (2.20 + 0.30) (2.50 - 0.60) \times 19 = 22.56 \text{ ton}$$

$$Q_b \text{ at } x-x = \frac{1}{4} (B + b) (A - a) \times f$$

$$= \frac{1}{4} (2.50 + 0.60) (2.20 - 0.30) \times 19 = 27.97 \text{ ton}$$



$$Q_b \text{ at } y-y = \frac{Q_b \text{ at } y-y}{\Sigma \phi \times D \times \pi \times 0.87 \times d} = \frac{22560}{20 \times 1.3 \times 3.14 \times 0.87 \times 60} = 5.29 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ kg / cm}^2$$

$$Q_b \text{ at } x-x = \frac{Q_b \text{ at } x-x}{\Sigma \phi \times D \times \pi \times 0.87 \times d} = \frac{27970}{23 \times 1.3 \times 3.14 \times 0.87 \times 60} = 5.70 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ kg / cm}^2$$

قاعدة مستطيلة لعמוד واحد

النموذج الحادى عشر

قاعدة كابولية لعמוד واحد

Rectangular mono cantilever

المطلوب تصميم قاعدة لعמוד حمله ٦٠ طن علماً بأن عرض القاعدة محدود ويساوى ١,٢٥ م وليس هناك مكان لاتساع العرض وجهد التربة الخالص ١٨ طن / م^٢ وعمق الحفر ٢,٢٠ م من سطح الأرض .

وهذا النموذج لا يتم عمله في حالة ما إذا كان العرض محدود ولا يسمح بالزيادة في عرض القاعدة . ويسمح بالطول .

المطلوب : أ - تصميم العمود على أنه عمود ركنى وجهد الضغط للخرسانة ٥٠ كجم / سم^٢ .

ب - تصميم القاعدة الكابولى .

ملحوظة : هذه القاعدة ضمن القواعد المنفصلة وعند استعمال القواعد المنفصلة كأساسات على التربة ذات طاقة انضغابية ضعيفة فإنه يجب تصميم وتنفيذ سمات عالية الجساعة في الاتجاهين لمقاومة فروق الهبوط المترقعة نتيجة انضغاب التربة - ويفضل أن تكون هذه السمات الرابطة في منسوب القواعد حتى يمتد حديد تسليحها في داخل القواعد وأيضاً لتفادى عمل رقاب أعمدة حيث تكون عدة نقاط ضعيفة وفي هذه الحالة يكون السمات امتداداً طبيعياً للقواعد ويجب أخذها في الاعتبار عند تصميم الأساسات ويمكن استخدام القواعد المنفصلة إذا تحققت إحدى الشروط الآتية :

١ - إذا كانت طاقة الانتفاخ متوسطة أو ضعيفة .

٢ - إذا كانت قدرة تحمل الطبقة العلوية من التربة عالية نسبياً .

٣ - إذا كانت طبقة التربة المنتفخة عميقة ويوجد أسفل منها طبقة من التربة غير المنتفخة أو طبقة من الصخر .

٤ - وجود طبقة من التربة اللينة أو ارتفاع منسوب المياه الأرضية نسبياً مما يؤثر على استخدام خوازيق الاحتكاك أو ركائز الأساس .

وللسماح بتركيز الإجهادات نتيجة الأحمال الميتة أسفل القواعد المنفصلة يجب ترك فراغ بين المبد وسطح التربة ، وذلك يؤدي إلى منع انتفاخ التربة أو تقليل قيمته فقط أسفل القواعد حيث يوجد تركيز لإجهادات ويحد من حدوث أى أضرار بالمبد نتيجة للإجهادات الإضافية الناتجة من انتفاخ التربة .

التصميم :

أ - تصميم العمود الركنى وحمله ٦٠ طن .

أولاً : يقسم الحمل على جهد الخرسانة ويساوى ٥٥ كجم / سم^٢ وتحدد مساحة القطاع :

$$\text{أى} = 6000 \div 55 = 109,09 \text{ سم}^2$$

ولما كان عرض العمود ٣٠ سم وبذلك نحدد الضلع الآخر بقسمة المساحة على ٣٠ سم

$$\text{أى طول قطاع العمود} = 109,09 \div 30 = 3,63 \text{ سم أى } 50 \text{ سم}$$

فيكون قطاع العمود ٣٠ × ٥٠ سم .

$$\text{ونسبة حديد التسليح } 1\% = 30 \times 50 \times 0,01 = 15 \text{ سم}^2 \text{ أى } 6 \phi 16 \text{ م.م}$$

ثانياً : للتأكد من الضغط على العمود نطبق المعادلة الآتية حيث :

$$\text{الحمل} = \text{مساحة الخرسانة} \times \text{الجهد} + (1 - \text{ن}) \times \text{مساحة الحديد} \times \text{جهد الخرسانة}$$

حيث

$$\therefore N = 15 \times \frac{E_s}{E_c} + E_s = 2100 \text{ ton / m}^2, E_c = 140 \text{ ton / m}^2$$

$$= 60000 = 40 \times 30 + 14 \times 12 \times \text{جهد الخرسانة}$$

$$= \text{جهد الخرسانة } (1200 + 168) = \text{جهد الخرسانة } 1368$$

$$\therefore \text{جهد الخرسانة} = \frac{60000}{1368} = 43.85 \text{ كجم / سم}^2 \text{ وهو أقل من المسموح به } 50 \text{ كجم / سم}^2$$

Design of slab

ب - تصميم القاعدة :

$$\bar{W} = \frac{W}{1 - \frac{8}{9} D_p / q_{all}} = \frac{60}{1 - \frac{2 \times 2.2}{18}} = \frac{60}{.76} = 79 \text{ ton}$$

$$\text{Area of base} = \frac{79}{18} = 4.38 \text{ m}^2$$

$$\text{Length of base} = \frac{4.38}{1.25} = 3.50 \text{ m}$$

$$\text{load on base / m}^2 = \frac{60}{4.38} = 13.69 \text{ ton / m}^2$$

$$\text{load on base / m} = \frac{60}{3.5} = 17.14 \text{ ton / m}$$

$$\text{let the breadth of Beam} = .45 \text{ m} = .45 \text{ m}$$

$$\text{The arm of B.M} = \frac{1.25 \times .45}{2} = .40 \text{ m}$$

$$\text{B.M At } x - x \text{ to one meter} = \frac{wL^2}{2} = \frac{13.69 \times .40^2}{2} = 1.09 \text{ m.t}$$

$$d \text{ to slab} = K_1 \sqrt{\frac{M}{b}} = .334 \sqrt{\frac{109000}{100}} = 10.56 \text{ cm say } 20 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{M}{K_2 \cdot d} = \frac{109000}{1227 \times .87 \times 20} = 5.10 \text{ cm}^2 \text{ say } 8 \phi 10 / \text{m}$$

check of bond

$$Q_b = .40 \times 13.69 = 5.47 \text{ ton}$$

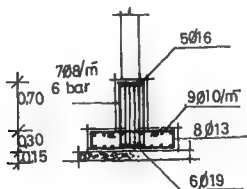
$$q_b = \frac{Q_b}{\Sigma \phi \times 3.14 \times 1 \times .87 \times 20} = \frac{5470}{8 \times 3.14 \times 1 \times .87 \times 20} = 12.51 \text{ kg / cm}^2 > 8 \text{ Kg / cm}^2$$

$$\text{To resist bond put } 8 \phi 13 \text{ \& T } 25 \text{ cm} = \frac{5470}{8 \times 3.14 \times 1.3 \times .87 \times 25} = 7.70 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ kg / cm}^2$$

$$\text{Take } A_s 8 \phi 13 \text{ \& } A_s = \frac{125 \times 25 \times 2}{1000} = 6 \text{ cm}^2 \text{ take } 9 \phi 10 \text{ top \& bottom}$$

Design of cantilever beam

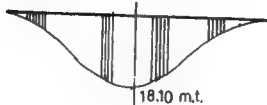
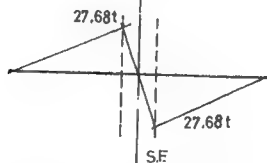
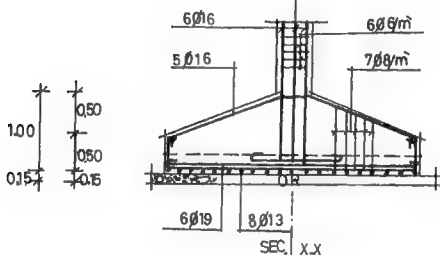
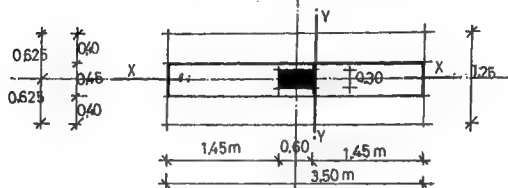
$$\begin{aligned}
 \text{The arm of B.M} &= \frac{3.50 - 50}{2} = 1.50 \text{ m} \\
 \text{B.M at y - y} &= \frac{wL^2}{2} = \frac{17.14 \times 1.45^2}{2} = 18.01 \text{ m.t} \\
 d &= K_1 \sqrt{\frac{M}{B}} = .334 \sqrt{\frac{1801000}{45}} = 66.8 \text{ cm} \\
 Q_s &= \frac{60 - .60 \times .45 \times 17.14}{2} = 27.68 \\
 d \text{ to shear} &= \frac{27680}{8 \times .87 \times 45} = 89 \text{ cm say } 100 \text{ cm} \\
 A_s &= \frac{M}{K_2 \cdot d} = \frac{1801000}{1227 \times .87 \times 100} = 16.87 \text{ cm}^2 \text{ say } 6 \phi 19 \text{ \& stirr } 7 \phi 8 / \text{m} \\
 A_s &= 0.2\% A_c = \frac{100 \times 45 \times 2}{1000} = 9 \text{ cm}^2 \text{ say } 5 \phi 16 \\
 \text{Put stirrup } \phi 8 \text{ every } 15 \text{ cm } 6 \text{ branches } &\& 5 \phi 16 \text{ at the top .} \\
 \text{Check of punch.} & \\
 Q_p &= 60 - (.30 \times .40 \times 13.69) = 58.358 \text{ ton} \\
 q_p &= \frac{Q_p}{(30 + 40) 2 \times .87 T} = \frac{58358}{2 (30 + 40) \times .87 \times 100} = 4.79 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ kg / cm}^2 \\
 q \text{ stirr} &= \frac{6 \times .494 \times 1400}{15 \times 45} = 6.15 \text{ kg / cm}^2
 \end{aligned}$$



SEC. Y-Y

المونو كمانج، الخواصر : قاعدة كابولية لعامود واحد

RECTANGULAR MONO CANTILVER



B.M.

النموذج الثاني عشر

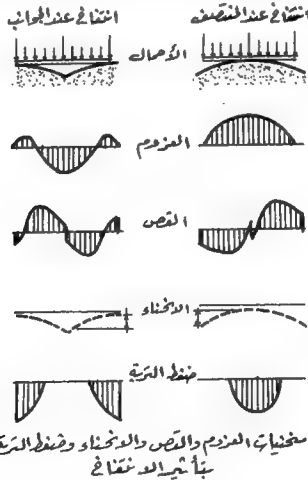
الأساسات المستمرة Raft foundation

قطعة أرض مساحتها $١٢,١٥ \times ١٢,٦٥$ م والأحمال للأعمدة الوسطى ٧٠ طن وقطاعه ٣٠×٥٠ سم وبتسليح ٨ϕ و ١٦ والأعمدة الطرفية يحمل ٣٥ طناً بقطاع ٣٠×٣٠ سم وبتسليح ٦ϕ و ١٣ والأحمال الزاكنية $١٧,٥$ طن بقطاع ٣٥×٣٥ سم وبتسليح ٤ϕ و ١٣ . وعمق الحفر $١,٤٠$ م وجهد التربة الحاصل لا يزيد عن ٧ طن / م^٢ .

ملحوظة :

الأساسات المستمرة هو نوع من الأساسات الذى يغطى الموقع بأكمله تحت المبنى ولتصميم أساس لبشة جاسىء فوق تربة منتفخة يكون معقد نتيجة لأن سطح التربة الذى كان أفقياً عند بداية عملية التشييد يصبح غير منتظم ولا يمكن التنبؤ بالتغير الذى سوف يطرأ على سطح التربة مع الزمن - ويجب اختيار شكل التشكل لسطح التربة الذى يؤدي إلى أكثر الحالات سوءاً أو إلى أكبر قيم لعزم الانحناء وقوى القص والترغيم التى يمكن توقعها .

وليس من الممكن التنبؤ بشكل وبواقع الدعامات الترابية أسفل اللبشة الصلبة نتيجة لعدم التأكد من طريقة استخدام المبنى ، فمثلاً عدم معرفة أماكن زراعة الأشجار والنباتات وإمكانية تسرب المياه من مواسير مياه الشرب والصرف الصحى وذلك يحتم على المهندس أن يفترض أسوأ الظروف عند التصميم فيجب افتراض انتفاخ التربة عند الاجهادات أو انكماش التربة فى الوسط وكذلك افتراض انبعاج التربة فى الوسط (أو انكماش عند الأطراف كما هو موضح بالأشكال الآتية .



لذلك لا يفضل استخدام اللبشة إلا في حالات خاصة حيث إنها تكون بشكل يسمح بتوجيه حركة التربة وأن تصمم اللبشة على الافتراضات الميكانيكية التشكل المتوقعة .

ولتشديد اللبشة من الخرسانة المسلحة يجب أن يكون الصب في حدود 12×12 م على أن تكون الخرسانة طازجة وترك فترة زمنية تقدر بحوالى ٢٤ ساعة بين صب المساحات المتجاورة مع اختيار الوصلات عند أماكن القص المنخفضة (قرب منتصف البحر من الأعمدة ويجب أن يكون أسياخ التسليح مستمرة خلال الوصلة وإذا لزم الأمر عمل وصل للأسياخ فيجب ألا يقل طول الوصلة للأسياخ عن ٦٠ مرة قطر السبيخ .

ويجب أن يكون القطاع الخرساني قوياً بالدرجة التي تسمح بنقل قوى القص خلال الوصلة وتنصح بزيادة سمك اللبشة عند الوصلات .

كذلك يتم زيادة سمك اللبشة عند الحواف كحمل الحوائط وأية أحمال مركزة أخرى لتشكيل ما يشبه الكعكة وتنصح بأن تكون تلك الكعكة أسفل منسوب خط التجمد إذا ما كان المنشأ مشيداً في مناطق باردة حتى لا يتسبب انتفاخ التربة بالتجمد في تصدع حواف اللبشة .

ويجب لفت الانتباه هنا أن اللبشة المسلحة لا تؤسس مباشرة فوق التربة (سواء كانت التربة جافة أو مبللة) بل يجب صب طبقة من الخرسانة العادية بسمك لا يقل عن ٥٠ سم وذلك لوضع طبقة عازلة فوق الخرسانة العادية مثل المواد العازلة المائية (بيرولاست) ثم تعمل لبشة أسمنتية فوقها ويبنى في دائر المحيط طوبة بارتفاع فوق سطح الأرض بمقدار ٤٠ سم وتوضع الطبقة العازلة لهذا الارتفاع من الداخل ثم تبيض الطبقة العازلة بلبشة أسمنتية وفي هذه الحالة تصبح الطبقة العازلة تعمل كحالة للمبنى كله وكذلك منع المياه الجوفية من غسل خرسانة الأساس وتراعى هنا أن منسوب الأساس في تلك الحالة عند حساب قدرة تحمل التربة هو المنسوب السفلى للخرسانة العادية .

وفي التربة اللينة المغمورة بالمياه الجوفية عند منسوب التأسيس لا تكون الخرسانة العادية كافية لتجهيز الموقع لللبشة المسلحة بل يجب في تلك الحالة دك دقشوم على الناشف بسمك قد يصل إلى نصف متر أو وضع طبقة من الرمل والزلط المدكوك جيداً قبل صب الخرسانة العادية وذلك لمنع هروب الخرسانة في التربة اللينة ولتحسين الالتصاق بكونها بفعل المياه الجوفية ولكن عند حساب قدرة تحمل التربة يؤخذ المنسوب عنده الجهد من أسفل منسوب الخرسانة العادية (المنسوب العلوى لطبقة الإحلال مع اعتبار خواص التربة الطينية اللينة وليست خواص الدقشوم أو الزلط والرمل في حسابات قدرة تحمل التربة .

ولتصميم القطاعات الخرسانية تبدأ في حالة اللبشة المسطحة باختيار عمق الاختراق وذلك بفرض سمك اللبشة حوالى سبع أضع الأعمدة بين المحاور (يؤخذ متوسط أكبر بحرین في اتجاهي الطول والعرض ويتبع ذلك عند حساب عزم الانحناء وقوى القص مجموع أحمال الأعمدة

كبلطة مسطحة وعند التصميم يهمل تأثير انحراف المحصلة وتعتبر قيمة الضغط الحاصل حيث $F =$

مساحة المبنى

واللبشة المثالية هي سقف خرساني منتظم في جميع أجزائه ويكون هذا النوع مناسباً جداً عندما يكون أحمال الأعمدة خفيفة إلى متوسطة وتقسيمها متقارب وصغير نسبياً وفي صفوف شبه مستقيمة . ويمكن زيادة سمك اللبشة أسفل الأعمدة ذات الأحمال الكبيرة لمقاومة القص والاختراق وعزم الانحناء السالب وتستعمل في المواقع التي جهد التربة بها ضعيف أو في حالة الخوازيق المصممة على مقاومة الاحتكاك .

Design of slab .

Total load = $4 \times 70 + 8 \times 35 + 4 \times 17.5 = 630 \text{ ton}$

التصميم :

$$\therefore W = \frac{630}{1 - 8 \times D_F / q_{all}} = \frac{630}{1 - \frac{2 \times 1.4}{12}} = \frac{630}{.77} = 818 \text{ ton}$$

Load on soil / m^2

$$= \frac{818}{12.15 \times 12.65} = 5.322 \text{ t / } m^2 < 7 \text{ ton / } m^2$$

ملحوظة :

في حالة زيادة الجهد على التربة عن γ طن / م² المعطاه في المثال يجب تخفيض الحمل إلى أن يصل إلى أقل من γ طن / م² .

$$\text{Load on base / m}^2 = \frac{630}{12.15 \times 12.65} = 4.09 \text{ ton / m}^2$$

$$w_y = w \times \frac{1}{\frac{L_y}{L_x} + 1} = 4.09 \times \frac{1}{\left(\frac{4}{4.5}\right) + 1} = 2.55 \text{ ton / m}^2$$

$$w_x = 4.09 - 2.55 = 1.54 \text{ ton / m}^2$$

أخذت الباكبة المتوسطة التي أبعادها $4 \times 4,0$ م واستعمل قانون التوزيع السابق .
حيث :

W = الجهد على الخرسانة الناتج من تسمة الحمل الكلي على مساحة الأرض .
 L_x = البعد الطويل .
 L_y = البعد القصير .

Design of slab

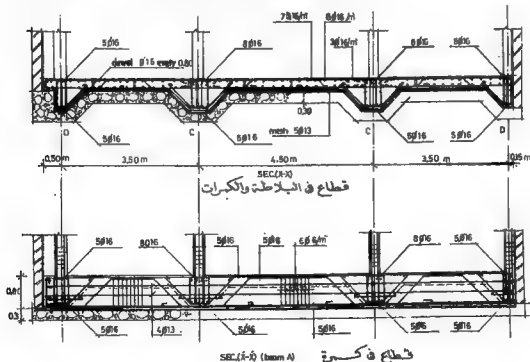
$$B.M = L - y = \frac{wL^2}{10} = \frac{2.55 \times 4^2}{10} = 4.08 \text{ m.t}$$

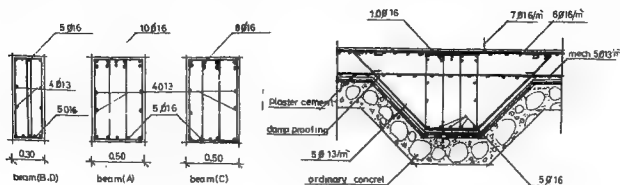
when $f_c = 45 \text{ kg / cm}^2$ & $K_1 = .392$ & $K_2 = 1248$

$$d = \sqrt{\frac{M}{K_1}} = .392 \sqrt{\frac{408000}{100}} = 25.9 \text{ cm say T 30 cm}$$

ملحوظة هامة : في تصميم البلاطات استعمل قانون التوزيع السابق ولكن في تصميم الكمرات أخذت المساحات المبينة على الرسم مضروباً في $4,09$ طن السابق استخراجها .

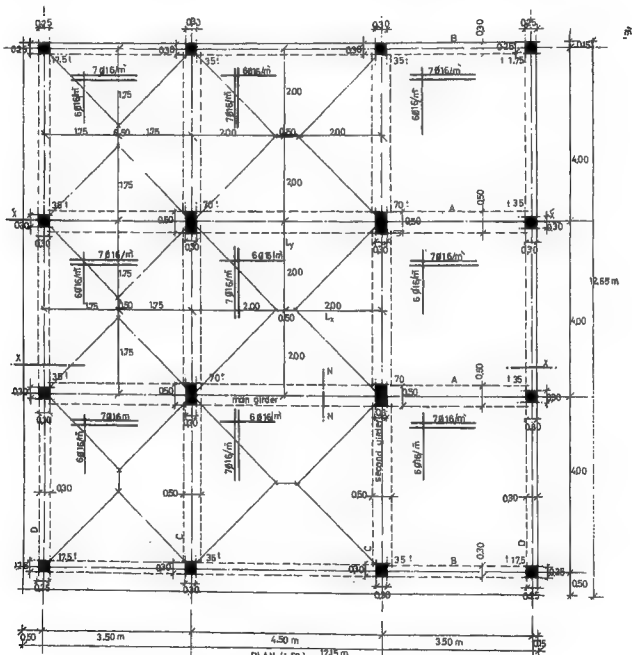
النموذج المشا في عشي : قطاعات الأساسات للبشة ذوكيرات وبلاطة





قطاعات في الكمرات

SEC. (144)



مسقط أفقي للأساسات لتبنت مستوية كمرات
وبلاطة مقاس ٢١٤,١٥ × ٢١٤,٦٥

RAFT FOUNDATION BEAM AND SLAB

$$A_s = \frac{M}{K_2 \cdot d} = \frac{408000}{1248 \times .87 \times 30} = 12.55 \text{ cm}^2 \text{ say } 7\phi 16 / \text{m}$$

$$B.M = L \cdot \chi = 1.54 \times 4.5^2 = 3.11 \text{ m.t}$$

$$A_s = \frac{311000}{1248 \times .87 \times 25} = 11.45 \text{ cm}^2 \text{ say } 6\phi 16 / \text{m}$$

$$A_s = .2\% A_c = \frac{100 \times 30 \times 2}{1000} = 6 \text{ cm say } 5\phi 13. \text{ mesh / m}^2$$

Design of main girder (a)

$$\text{Load per m} = \frac{1}{11.65} \left[\left(\frac{0.5 + 4.5}{2} \times 2 \times 2 + \left(\frac{3.50 \times 1.75}{2} \right) \times 2 \times 2 \right] \times 4.20 = 8.22 \text{ ton / m}$$

$$B.M = \frac{wL^2}{10} = \frac{8.22 \times 4.5^2}{10} = 16.64 \text{ m.t}$$

$$d = K_1 \sqrt{\frac{M}{b}} = .392 \sqrt{\frac{1664000}{50}} = 71.5 \text{ cm say T 80 cm}$$

$$Q_s = \frac{.8.22 \times 4.5}{2} = 18.495 \text{ ton}$$

$$d \text{ to resist shear} = \frac{18495}{6 \times .87 \times 50} = 70 \text{ cm say 80}$$

$$A_s = \frac{M}{K_2 \times .87 \times T} = \frac{1664000}{1248 \times .87 \times 80} = 19.15 \text{ cm}^2 \text{ say } 10\phi 16$$

$$A_s = 0.2\% \times A_c = 80 \times 50 \times 0.2\% = 8 \text{ cm}^2 \text{ say } 5\phi 16$$

Design of secondary girder (C)

$$\text{Load per m} = \frac{1}{12.15} \left[\left(\frac{4 + .50}{2} \times 1.75 \right) 3 + \left(\frac{4 \times 2}{2} \right) 3 \right] \times 4.20 = 8.33 \text{ ton / m}$$

$$B.M = \frac{wL^2}{10} = \frac{8.33 \times 4^2}{10} = 13.32 \text{ m.t}$$

$$d = K_1 \sqrt{\frac{M}{b}} = .392 \sqrt{\frac{1332000}{50}} = 64 \text{ cm say T 80 cm}$$

$$A_s = \frac{M}{K_2 \cdot d} = \frac{1332000}{1248 \times .87 \times 80} = 15.33 \text{ cm}^2 \text{ say } 8\phi 16$$

$$A_s = 0.2\% \times A_c = 80 \times 50 \times 0.2\% = 8 \text{ cm}^2 \text{ say } 5\phi 16$$

Design of main girder (B) & take breadth 30 cm

$$\text{Load / m} = \frac{1}{11.65} \left[\left(\frac{3.5 \times 1.75}{2} \times 2 + \frac{4.5 + 0.50}{2} \times 2 \right) \times 4.02 \right] = 3.88 \text{ m.t}$$

$$B.M = \frac{wL^2}{10} = \frac{3.88 \times 4.5^2}{10} = 7.85 \text{ m.t}$$

$$A_s = \frac{785000}{1248 \times .87 \times 80} = 9.03 \text{ cm}^2 \text{ say } 5\phi 16$$

Design of secondary girder (D) & take breadth 30

$$\text{Load / m} = \frac{1}{12.15} \left[\frac{4 + .50}{2} \times 1.75 \times 3 \right] 4.02 = 3.9 \text{ ton / m}$$

$$B.M = \frac{wL^2}{10} = \frac{3.9 \times 4^2}{10} = 6.24 \text{ m.t}$$

$$A_s = \frac{M}{K_2 \times d} = \frac{624000}{1248 \times .87 \times 80} = 7.18 \text{ cm}^2 \text{ say } 5\phi 16 \text{ \& } A_s \bar{5}\phi 16$$

All stirr 6φ6 / m⁴ branches

Check of punch to main girder

$$Q_n = 70 - (.30 \times 50) \times 4.2 = 69.37 \text{ ton}$$

$$q_p = \frac{69370}{2(30 + 50) \times .87 \times 80} = 6.22 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ kg / cm}^2$$

ملحوظة هامة :

١ - ثبت ارتفاع الكمرات إلى ٨٠ سم ليس تعريباً من معادلة الدرجة الثانية أو moment of distribution - column Analogy ولكن لسهولة التنفيذ .

٢ - رغم أن الأحمال على الكمرات الخارجية أقل من الداخلية بمقدار النصف على الأقل ولكن حسب نفس القطاع وذلك لإعطاء الكمرة الخارجية جساءة كي تتحمل إذا ما حدث عدم اتزان وهبوط الأساس لأي سبب ما كما سبق شرحها .

جدول الكمرات

ملاحظات	كانات	تسليح سفلي	تسليح علوي		قطاع الكمرة		نموذج الكمرة
			مكسح	عدل	ارتفاع	عرض	
كانات أربعة لفرع	٢ / ٦φ٦	١٦φ٥	١٦φ٤	١٦φ٦	٨٠	٥٠	A
كانات أربعة لفرع	٢ / ٦φ٦	١٦φ٥	١٦φ٢	١٦φ٣	٨٠	٣٠	B
كانات أربعة لفرع	-	١٦φ٥	١٦φ٣	١٦φ٥	٨٠	٥٠	C
كانات أربعة لفرع	-	١٦φ٥	١٦φ٢	١٦φ٣	٨٠	٣٠	D

المفرد الثالث عشر

قطعة الأرض السابقة بنفس المقاسات 12.5×12 ، ولكن الأحمال للأعمدة الوسطى 180 طن بقطاع 10.5×3.5 سم ويتسليح $12\phi 19$ والأعمدة الطرفية حملها 80 طن بقطاع 4.5×3.5 سم ويتسليح $8\phi 16$ والأعمدة الزكنية حملها 50 طن بقطاع 3.5×3.5 سم ويتسليح $6\phi 16$ والجهد على الأرض 15 طن / م² وعمق الحفر 1.6 م والمطلوب تصميم ليشة مسطحة .

ملاحظات :

هذا النوع من الليشة شائع الاستعمال ويجب الأخذ في الاعتبار الآتي :-

١ - أن يكون سمك الليشة لا يقل عن المسافة بين أكبر عمودين مقسوماً على سبعة .

٢ - عند حساب ال B.M يأخذ أكبر الأرقام التالية :

أ : مجموع أحمال الأعمدة مقسوماً على المساحة الكلية .

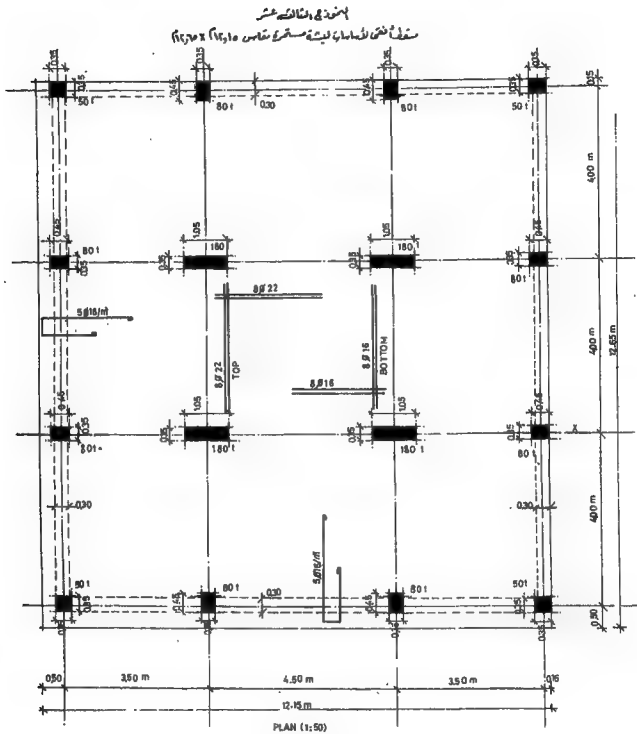
ب : القيمة الناتجة من أكبر عمود على المساحة المتوسطة لهذا العمود .

٣ - هذه الطريقة تقريبية وشائعة .

٤ - إذا حسبت الأحمال بعد إضافة وزن الخرسانة وكان وزن المتر المسطح أكبر من جهد التربة يجب تخفيف الأحمال حتى يكون جهد التربة أكبر من وزن الأحمال .

Design of slab

Total loads	$= 180 \times 4 + 80 \times 8 + 4 \times 50$	$= 1560 \text{ ton}$
\bar{W}	$= \frac{W}{1 - 8_a \times D_f / q_{all}}$	$= \frac{1560}{2 \times 1.6} = \frac{1560}{0.79} = 1974 \text{ ton}$
load / m ² on soil	$= \frac{1974}{12 \times 12.5}$	$= 13.16 \text{ ton / m}^2 < 15 \text{ ton / m}^2$
load / m ² on base	$= \frac{1560}{12 \times 12.5}$	$= 10.40 \text{ ton / m}^2$
load to big column / m ²	$= \frac{180}{4 \times 4}$	$= 11.25 \text{ ton / m}^2 > 10.40 \text{ ton / m}^2$
B.M	$= \frac{wL^2}{10}$	$= \frac{11.25 \times 4.5^2}{10} = 22.78 \text{ m.t}$
Q_d	$= \frac{w \times L}{2}$	$= \frac{11.25 \times 4.5}{2} = 25.31 \text{ ton}$



$$\begin{aligned}
 d \text{ to B.M.} &= .392 \sqrt{\frac{2278000}{100}} = 59 \text{ say T } 65 \text{ cm} \\
 d \text{ to resist shear} &= \frac{25310}{100 \times .87 \times 5} = 58 \text{ cm} \\
 d \text{ to } \frac{1}{7} \text{ distance} &= \frac{4.5}{7} = 64 \text{ cm say T } 80 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Total load} = 2 \times 200 + 4 \times 150 + 2 \times 135 + 4 \times 100 = 1670 \text{ ton}$$

$$\bar{W} = \frac{W}{1 - \frac{8}{\pi} \times \frac{D_f}{q_{all}}} = \frac{1670}{1 - \frac{2 \times 1.4}{\pi}} = \frac{1670}{.72} = 2319 \text{ ton}$$

$$\text{Load on soil} / \text{m}^2 = \frac{2319}{27.84 \times 15.6} = 5.55 \text{ ton} / \text{m}^2 \approx 10 \text{ ton} / \text{m}^2$$

ملحوظة : في حالة زيادة الجهد في التربة أكثر من ١٠ طن / م^٢ المغطاة في المثال يجب تخفيض الحمل إلى أن يصل أقل من ١٠ طن .

$$\text{Load on base} / \text{m}^2 = \frac{1670}{27.84 \times 15.6} = 3.99 \text{ ton} / \text{m}^2 \text{ say } 4 \text{ ton}$$

Design of slab

$$\text{B.M at cantilever } 1.2 \text{ m} = 1.2 \times .275 = .975 \quad \therefore \frac{.975^2 \times 4}{2} = 1.90 \text{ m.t}$$

$$\text{let } f_c = 50 \text{ \& } k_1 = .361 \text{ \& } k_2 = 1237$$

$$d = k_1 \sqrt{\frac{m}{b}} = .361 \sqrt{\frac{190000}{100}} = 15.73 \text{ cm say } T = 20 \text{ cm}$$

$$\text{B.M at cantilever } 1.5 \text{ m} = 1.5 \times .30 = 1.2 \quad \therefore \frac{1.2^2 \times 4}{2} = 2.88 \text{ m.t}$$

$$d = K_1 \sqrt{\frac{M}{b}} = .361 \sqrt{\frac{288000}{100}} = 19.37 \text{ cm say } T \text{ 25 cm}$$

$$\text{B.M between beam } B_2 \text{ \& } B_1 = \frac{2.12^2 \times 4}{10} = 1.79 \text{ m.t}$$

$$\text{B.M between } B_2 \text{ \& } B_2 = \frac{2.12^2 \times 4}{12} = 1.5 \text{ m.t}$$

$$d = .361 \sqrt{\frac{150000}{100}} = 14 \text{ cm}$$

$$d = .361 \sqrt{\frac{197000}{100}} = 16 \text{ cm}$$

To facilitate execution take cantilever depth 25 cm and another 20 cm

$$\text{As to B.M } 2.88 \text{ m.t} = \frac{288000}{1237 \times .87 \times 25} = 10.07 \text{ cm}^2 \text{ take } 8\phi 13 / \text{m}^-$$

$$\text{As to B.M } 1.9 \text{ m.t} = \frac{190000}{1237 \times .87 \times 20} = 18.82 \text{ cm}^2 \text{ take } 7\phi 13 / \text{m}^-$$

$$\text{As to B.M } 1.97 \text{ m.t} = \frac{197000}{1237 \times .87 \times 20} = 9.1 \text{ cm}^2 \text{ take } 10\phi 10 / \text{m}^-$$

$$\text{As to B.M } 1.5 \text{ m.t} = \frac{150000}{1237 \times .87 \times 20} = 6.96 \text{ cm}^2 \text{ take } 9\phi 10 / \text{m}^-$$

Take distributor $5\phi 10 / \text{m}^-$

Design of ribs beam.

The uniform distributed load at per meter run on B_1 $= 4 \left(\frac{2.12}{2} + 1.20 \right) = 9.04$ ton

The uniform distributed load at per meter run B_2 $= 4 \times 2.12 = 8.48$ ton

Let R_1 & R_2 be the control reaction of beam B_1 & B_2 on the control main beam (5 - 6 - 7 - 8) and beam B_1 carries only part of the load carried by the beam B_2 and hence the central reaction R_1 & R_2 as the following .

Then $\frac{R_1}{R_2} = \frac{B_1}{B_2} = \frac{9.04}{8.48} \therefore R_1 \times 8.48 = R_2 \times 9.04$

$$\therefore R_1 = \frac{9.04 R_2}{8.48} \quad \& \quad R_2 = \frac{8.48 R_1}{9.04}$$

Also the sum of all center of B_1 reactions¹ should be equal to two of the column load on the central main beam (5 - 6 - 7 - 8) .

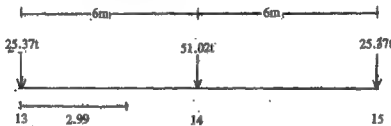
Also it is assumed that the sum of the control reactions from transverse beams B_1 & B_2 is equal to the total load from control columns :

$$\therefore 2R_1 + 11R_2 = \text{load of column (5 + 8) + (load column 7 + 8)}$$

$$\therefore 2R_1 + 11R_2 = (2 \times 135) + (2 \times 200) = 670 \text{ ton}$$

To get R_1 $= 2R_1 + 11 \left(\frac{8.48 R_1}{9.04} \right) = 670 \text{ ton} \therefore R_1 = 54.42 \text{ ton}$

To get R_2 $= 2 \left(\frac{9.04 R_2}{8.48} \right) + 11R_2 = 670 \text{ ton} \therefore R_2 = 51.02 \text{ ton}$



The reaction of beam B_2 13-14-15 $= \frac{12 \times 8.48 - 51.02}{2} = 25.37 \text{ ton}$

Point of zero shear $= 8.48 \times x = 25.37 \therefore x = 2.99 \text{ m}^1$

B.M at zero shear $= 2.99 \times 25.37 - \frac{2.99^2 \times 8.48}{2} = 37.95 \text{ say } 36 \text{ m.t}$

We design at T section:

لم يسبق في هذا الباب أن قمنا بأى تصميم على القطاع T وعليه سنلقى الضوء عليه :

أولاً : الكمرات المصبوبة كجسم واحد متناسك مع البلاطات تصمم باعتبارها ذات قطاعات بشكل حرف T بشرط أن تكون أسياخ تسليح البلاطة ممتدة في الاتجاه العمودى على اتجاه الكمرة قرب سطحها العلوى وبكامل عرض شفاها Flange ولا تقل مساحة قطاعها عن ٣٪ من مساحة قطاع عرسانة البلاطة .

ثانياً : يحدد عرض الشفة العامل مع الكمرة في الحالة المذكورة بالهند أولاً بأقل المقادير الآتية : -

وهى $\frac{1}{3}$ بحر الكمرة أو المسافة بين محاور الكمرات أو عرض روح الكمرة مضافاً إليها ١٢ مرة سمك البلاطة - وفى الكمرات ذات الشفة البارزة من جهة واحدة أى بشكل حرف L يحدد عرض الشفة العامل مع الكمرة بأقل المقادير الآتية : $\frac{1}{6}$ بحر

الكمرية أو نصف المسافة بين أوجه الكمرات مضافاً إليها عرض روح الكمرية مضافاً إليها ٤ مرات سمك البلاطة .

ثالثاً : الكمرات ذات القطاعات بشكل حرف T التي شفتها غير متصلة ببلاطات من الخرسانة المسلحة لا يجوز أن يزيد عرض الشفة عن ٤ مرات عرض الروح كما لا يجوز أن يقل سمكها عن ٥, عرض الروح .

رابعاً : إذا زاد ارتفاع الكمرات ذات القطاعات شكل حرف T عموماً عن ١٠ مرات سمك البلاطة فيجب تقوية الوصلة بين الشفة والروح بعمل شطافات على الجانبين سقوطها عن بطنية الشفة تساوى سمك الشفة ويجعل لا يزيد عن ٣٠ مع الخط الأفقي .

The conduction of designing T section is subject to simple bending .

allowable stress $F_c = 30 \text{ kg} / \text{cm}^2$ & economic limit

$f_c = 40 \text{ kg} / \text{cm}^2$ max value & assumed $f_s = 1400 \text{ kg} / \text{cm}^2$

Balanced section :

given M , b_o & TS. required d & A_s for $f_c = 30 \text{ k} / \text{cm}^2$ & $f_s = 1400 \text{ kg} / \text{cm}^2$

Determine the breadth of the flange B .

B min of $B = 12 \text{ TS} + b_o$ or B = from axis to axis of ribs

Determine the position of N.A from the relation .

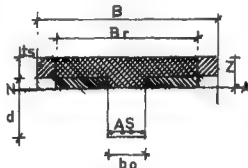
$$Z = .135 \sqrt{\frac{M}{B}}$$

If $Z \leq T_s$ the section is to be designed as rectangular section with breadth B .

$$\text{i.e. } d = .545 \sqrt{\frac{M}{B}} \quad \& \quad A_s = \frac{M}{1286 \times d}$$

If $Z > T_s$ determine the reduced breadth $B_r = t \times B$

$$\text{from the curves given } d = .545 \sqrt{\frac{M}{B_r}} \quad \& \quad A_s = \frac{M}{K_2 \times d}$$



Dimension of T section

In our case B.M = 38.52 m.t & $b = 30 \text{ cm}$ & $T_s = 20 \text{ cm}$

$B = 12 \times 20 + 30 = 270 > \text{The space between to}$

$$\text{ribs} > \frac{\text{span}}{3} \quad \& \quad \text{take } f_c = 35 \text{ kg} / \text{cm}^2 \quad \& \quad k_1 = .480 \quad \& \quad k_2 = 1237$$

$$\text{use } B = \frac{6}{11} = 2 \text{ m}$$

$$Z = .135 \sqrt{\frac{3800000}{200}} = 18.6 < 20$$

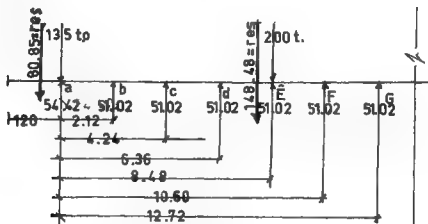
$$d = .480 \sqrt{\frac{3800000}{212}} = 64.25 \text{ take } T \ 90 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{M}{1237 \times .87 \times 90} = \frac{3800000}{1237 \times .87 \times 90} = 39.23 \text{ cm}^2 \text{ take } 8\phi 25$$

Check of shear :

$$Q_s = 25.370 \text{ \& - } q_s = \frac{25370}{50 \times .87 \times 90} = 10.80 \text{ kg / cm}^2 > 7 \text{ kg / cm}^2$$

$$q \text{ stirr} = \frac{4 \times .494 \times 1400}{30 \times 15} = 6.147 \text{ kg / cm}^2 \text{ take 7 stirrups / m } \phi 8, \text{ four branches \& } 4\phi 25 \text{ bent bars.}$$



LOAD & ARMS OF B.M-SH

Design of main beam (5- 6- 7- 8)

$$B.M = b = 80.58 \times 2.12 = 170.82 \text{ m.t}$$

$$B.M = C = 80.58 \times 4.24 - 51.02 \times 2.12 = 233.49 \text{ m.t}$$

$$B.M = d = 80.58 \times 6.36 - 51.02 \times 2.21 - 4.24 \times 51.02 = 188.003 \text{ m.t}$$

$$B.M = E = 80.58 \times 8.48 - 51.02 \times 2.12 - 4.24 \times 51.02 - 51.02 \times 6.36 = 34.34 \text{ m.t}$$

$$B.M = F = 80.58 \times 10.60 + 148.98 \times 2.12 - 51.02 \times 4.24 - 51.02 \times 6.36 - 51.02 \times 8.48 = 196.512 \text{ m.t}$$

$$B.M = G = 12.72 \times 80.58 + 4.24 \times 148.98 - 51.02 \times 2.12 - 6.36 \times 51.02 - 51.02 \times 8.48 - 51.02 \times 10.60 = 250.53 \text{ m.t}$$

From the upper calculation, the biggest :

B.M is 250.53 m.t we design as T section

$$B = 12 T_s + b_o = 12 \times 20 + 65 = 305 \text{ cm \& } \frac{\text{span}}{3} = \frac{8.08}{3} = 2.82$$

$$Z = .135 \sqrt{\frac{25053000}{305}} = 38.69 > T_s 20 \text{ cm}$$

$$\frac{T_s}{Z} = \frac{20}{38.69} = .516$$

$$\frac{B}{b_o} = \frac{305}{65} = 4.69 \quad \therefore R \text{ from curves} = .86$$

$$\frac{B_r}{r} = 2.82 \times .86 = 2.43$$

we take $f_c = 35 \text{ kg / cm}^2$ & $k_1 .480$ & $k_2 = 1273$

$$d = \frac{.480 \sqrt{\frac{25053000}{243}}}{8 \times .87 \times 65} = 154 \text{ cm}$$

The biggest Q_s = 80.58 from S.F diagram

$$d \text{ to shear} = \frac{80580}{8 \times .87 \times 65} = 178 \text{ take } T .185 \text{ cm to economy steel}$$

$$A_s = \frac{M}{k_2 \times .87 \times d} = \frac{25053000}{1273 \times .78 \times 185} = 122 \text{ cm}^2 \text{ take } 20\phi 28$$

$$\text{As to B.M } 233 \text{ m.t} = \frac{1273 \times .87 \times 185}{23349000} = 114 \text{ cm}^2 \text{ take } 19\phi 28$$

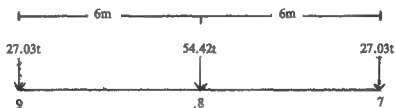
$$A_s = 0.15\% \text{ from Ac} = \frac{65 \times 185 \times 15}{6 \times .494 \times 1400} = 15 \text{ cm}^2 \text{ take } 5\phi 22$$

$$q \text{ stirr} = \frac{65 \times 15}{65 \times 15} = 4.256 \text{ kg / cm}^2 \text{ \& put } 6\phi 28 \text{ bent}$$

To design beam (1 - 2 - 3 - 4) and beam (9 - 10 - 11 - 12) the calculations are exactly similar as for beam (5 - 6 - 7 - 8) to B.M & S.F to different load .

Design B_1 (1 - 8 - 9) and its $R_1 = 54.42 \text{ ton}$

$$\text{The reaction of beam } B_1 = \frac{12 \times 9.04 - 54.42}{2} = 27.03 \text{ ton}$$



$$\text{To get zero shear} = 9.04 \times = 27.03 \quad \therefore x = 2.99 \text{ m}$$

$$\text{B.M at zero shear} = 2.99 \times 27.03 - \frac{2.99^2 \times 9.04}{2} = 40.04 \text{ m.t}$$

$$A_s = \frac{M}{K_2 \cdot d} = \frac{4041000}{1273 \times .87 \times 185} = 19.72 \text{ take } 5\phi 22$$

put $5\phi 22$ to beam (2 - 7 - 10) & (3 - 6 - 11)

Check of bond to slab

$$Q_s = \frac{8.48}{2} = 4.24 \text{ ton}$$

$$q_b = \frac{4240}{10 \times 3.14 \times 1 \times .87 \times 20} = 7.76 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ kg / cm}^2$$

الباب الرابع

الأساسات العميقة

أنواع الأساسات العميقة هي الأنواع التالية :

الخوازيق - القيسونات - الدعام - الآبار الإسكندرية .

١ - الخوازيق : هي عناصر إنشائية خفيفة ذات كفاءة تحميل عمورى عالية - عادة ما تزيد نسبة طولها إلى قطرها عن حوالى عشرة ، وتراوح أقطارها من ٠,٣ متر إلى ١,٥ متر أو أكثر وأطولها من ٤ متر فأكثر وقد تصل فى بعض الحالات الخاصة إلى ٦٠,٠٠ متر . ويلزم تنفيذها عادة بمعدات ميكانيكية مختلفة . والخوازيق إما سابقة التصنيع تثبت فى التربة بالاختراق (دق - برم - ضغط) أو تنفذ فى مكانها بوسائل الحفر والتفريغ أو الدق .

نبذة عن أعمال الخوازيق :

ازداد الطلب فى النصف الأخير من القرن الحالى للأساسات الخازوقية وظهرت الحاجة الملحة لاستخدام الخوازيق كأساسات للمباني العالية والأبراج السكنية والمنشآت ذات الأحمال الثقيلة - وقد بدأ استخدام الخوازيق - التى يتم دفنها بطريقة البعارة - عام ١٨٤٥ بواسطة « تاسميت » فى إنجلترا ... وقد تطورت آلات الدق ابتداء من عام ١٨٩٣ . من آلات خوازيق خشبية إلى آلات دق خوازيق من الحديد والحرسانة وقد بدأ استخدام الخوازيق فى مصر ابتداء من ١٩٢٠ م . وازداد استخدامها والطلب عليها من عام ١٩٣٥ م . واستمرت الزيادة فى الطلب والاستخدام مما أدى إلى ظهور عدة شركات متخصصة فى هذه الأعمال وقد بدأت باستخدام خوازيق بأطوال لا تزيد عن ٦ - ١٠ متر ووصلت الأطوال المستخدمة حالياً إلى ٣٥ م وأكثر من ذلك .

كما تطورت أقطار وأطوال الخوازيق المستخدمة وبالتالى الأعمال التصميمية . وسيم استعراض أنواع الخوازيق المختلفة خاصة المستخدمة فى جمهورية مصر العربية . وكلنا كفاءة اختيار الأساسات الخازوقية المناسبة والاشتراطات العامة للخوازيق المختلفة وتجارب التحميل وبعض المشاكل التى تتعرض تنفيذ الأساسات الخازوقية وأنسب الأساليب لحل هذه المشاكل :

أولاً : استخدام الأساسات الخازوقية :

ينبذ إلى ذهن المهندس الإنشائى عند تصميمه للمبنى ذلك

٢ - القيسونات : هي أساسات أسطوانية - أو صندوقية ذات خلية واحدة أو عدة خلايا تتميز بمقاساتها الكبيرة . تصنع جزئياً أو كلياً خارج مكان التأسيس وتثبت فى مكانها بالتفويش والحفر . تتركز عادة تحت منسوب المياه الجوفية أو تحت قاع المسطحات المائية . ويتم الحفر وتنفيذ أجسام هذه القيسونات داخل غرف مفتوحة أو مغلقة قد تكون مزودة بإمكانية التحكم فى ضغط الهواء داخلياً .

٣ - الدعام : أساسات لها مقاسات كبيرة تنفذ بالحفر اليدوى أو الميكانيكى ولكن بدون تفويش وتكون بغلاف أو بدونه . وقد يجفف المكان حولها وتنفذ داخل شدات كما فى دعائم الكبارى تصنع من كتل حجرية قوية أو خرسانية عادية ذات كفاءة خاصة أو خرسانة مسلحة .

٤ - الآبار الإسكندرية : هي عناصر إنشائية تحت منسوب قاع القواعد المسلحة وعادة ما تقل نسبة طولها إلى قطرها أو ما يكافئه عن حوالى عشرة تستعمل عالياً فى المناطق الجافة (عدم وجود مياه أرضية) ينفذ حفر البئر يدوياً بدون سند للجوانب إلا نادراً .

يملأ جسم البئر باستعمال خرسانة عادية فقيرة أو رمل ميثت أو طبقات مدكوكة من الرمل والزلط وعادة لا تقل أقطارها عن ١,٥ متر .

٥ - اختيار نوع الأساس العميق المناسب : عند ملائمة

- خوازيق ذات إزاحة صغيرة (small displacement).
- خوازيق بدون إزاحة (Non displacement).
- (ب) بالنسبة للمواد التي تصنع منها الخوازيق .
- مثل خوازيق خشبية أو حديدية أو خرسانية .
- (ج) بالنسبة لطريقة الإنشاء .
- خوازيق بالدق (Hammering).
- خوازيق بالتفريغ (sored).
- خوازيق بالثقب (drilling).
- خوازيق برية (screw).
- (د) بالنسبة لطريقة الصنع .
- خوازيق بجهاز (precast piles).
- خوازيق مصبوبة في مكانها (cast in site).
- (هـ) بالنسبة لطريقة نقل الحمل الواقع عليها .
- خوازيق احتكاك (friction) وهي التي تنقل الحمل الواقع عليها وذلك عن طريق الاحتكاك على جوانب الخازوق ،
- خوازيق ارتكاز (bearing) وهي التي تنقل الحمل الواقع عليها إلى أصلب طبقات التربة المرتكز عليها. الخازوق ومعامل ضغط الإحاطة والتماسك للأساسات العميقة وأشكال الإنهيار المفروضة للأساسات كما في الأشكال التالية :

السؤال : ما هو أنسب نوع للأساسات المطلوب استخدامها ؟ وهذا يقودنا إلى ذلك السؤال : لماذا تستخدم الأساسات الخازوقية ؟ والتي تلتخص في التالي :

- (١) نقل الأحمال الثقيلة المتولدة من المنشأ إلى طبقات أقوى تحملاً وأقل انضغاطاً .
- (٢) زيادة اتزان المباني العالية والأبراج وتقادي المبوط .
- (٣) عندما يكون استخدام الأساسات السطحية مثل اللبشة أكثر تكلفة وأقل كفاءة .
- (٤) حمل القوى الأفقية لدعمات الكبارى والجوالمط الساندة .
- (٥) حمل قوى الضغط العلوى (uplift) .
- (٦) ضغط الرمال السائبة (loose sand) .
- (٧) الحماية من الانهيار نتيجة النحر خاصة في المنشآت البحرية .

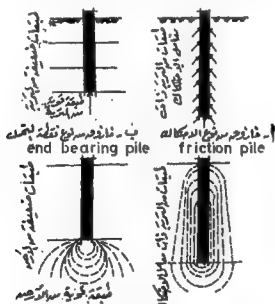
ثانياً : أنواع الخوازيق :

يمكن تقسيم الخوازيق بطرق متنوعة .

(أ) بالنسبة لتأثير الخازوق على التربة أثناء الإنشاء ... وهي ثلاثة أنواع .

— خوازيق ذات إزاحة كبيرة (large displacement) .

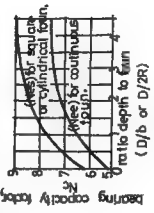
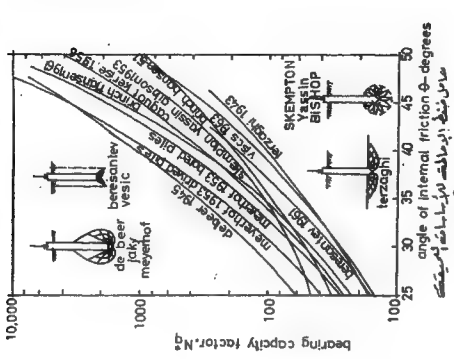
أولاً : تمسك الدعامات على التربة بالنسبة لشروع الخازوق



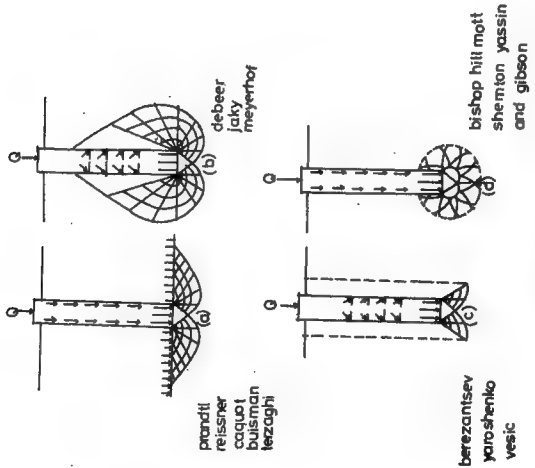
المسحوق الداعم واللبشة محيطه

↑ خوازيق الاحتكاك friction piles
ب - خازوقه نقطة بتمسك point bearing

أولاً : تمسك الدعامات (خازوقه الدعامات) Bulb of pressure
حسب شح الخازوق المستعمل



معامل احتكاك التربة مع الأساسات العميقة

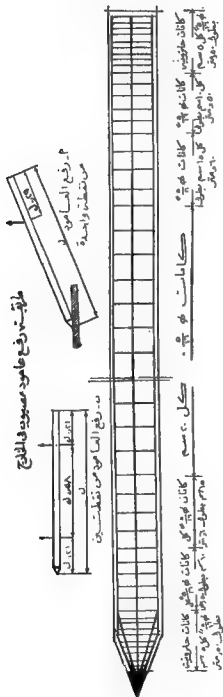


Assumed failure patterns under deep foundations (after Vesic, 1967)

أنماط الفشل المتوقعة للأساسات العميقة

ثالثاً: العوامل الرئيسية التي تحدد نوع الخازوق المستخدم:

مقابل تسليح خارجي سابق
الصلب المحدد الطول حسب الجسات



- (١) مكان وموقع ونوع للنشأ .
- (٢) طبقة الأرض بما في ذلك منسوب المياه الأرضية .
- (٣) قوة تحمل مادة الخازوق على المدى الطويل ... فمثلاً ليس من المعقول استخدام خوازيق خشبية في حالة وجود منسوب مياه متغير ... أو استخدام خوازيق حديدية في حالة وجود نسبة أملاح عالية ..

(٤) السعر الإجمالي ... وليس بالضرورة أن أرخص الأسعار للخوازيق هو أرخص سعر للمتر الطول من الخازوق ... يتدخل في السعر عامل الوقت والحبرة وهكذا .

رابعاً : أنواع الخوازيق المستخدمة في مصر :

(أ) الخوازيق المجهزة أو السابقة التجهيز :

وهي تصب خارج موقع الدق وقريباً من موقع العمل وعادة تتكون من خرسانة كثيفة بنسبة أسمنت ٣٥٠ كجم / م^٣ من الخلطة ... كما أن تسليح الخازوق يجب أن يكون بكامل طوله على أن يكون الطرف السفلي للخازوق مدبب وبكعب حديد لحماية من الكسر أثناء اختراق التربة ... وكانت الخازوق لا تقل عن ٨٠٥ م / م^٣ وتزداد في نهاية ونهاية الخازوق إلى ١٠٧ م / م^٣ أو ٨١٠ م / م^٣ على الأقل وذلك لمقاومة زيادة الإجهادات في هذه المناطق أثناء الدق وللتغلب على مقاومة الإجهادات الناتجة عن الاختراق . هذه الأنواع الجاهزة من الخوازيق من مميزاتها الآتي :

- (١) دفنها لأطوال معروفة سابقة ومعدة - دفنها لأعماق كبيرة - اتزانها لبعض أنواع التربة مثل الطين اللين soft أو الطمي silty .
- (٢) يمكن اختبار مواد الخازوق قبل الدق .
- (٣) يمكن إعادة دقه إذا تأثر بانتفاخ (انتفاش) التربة .
- (٤) لا تتأثر عمليات الإنشاء بواسطة المياه .
- (٥) يزيد من الكثافة النسبية Relative density للطبقات الجليدية .
- (٦) يمكن نقله بسهولة فوق سطح المياه للأعمال البحرية .

أما عن عيوبه فتلخص في الآتي :

الصعاب التي تنشأ عن انتفاخ التربة - صعوبة تغيير الأطوال خاصة بعد عمليات الدق - احتمال انهياره (كسره) نتيجة شدة عمليات الدق - لا يمكن استخدام أقطار كبيرة منه وأطوال هذه الخوازيق الواحد تصل لحوالي ٢٧ متر والحمل للخازوق الواحد يصل إلى حوالي ١٠٠٠ ك نيوتن (حوالي ١٠٠ طن) كما في الشكل الجانبي :

(ب) الخوازيق التي تصب في مكانها :

الدخلى داخل الماسورة كافياً لمنع دخول التربة والمياه الأرضية .

أنواع الخوازيق التي تصب في مكانها :

(أ) خوازيق تتحدد على عمليات الدق :

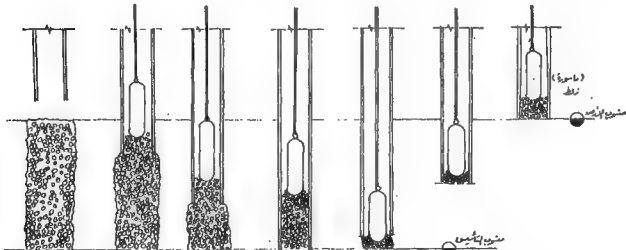
(١) خوازيق فرانكي Franki pile : النوع الخفيف منه قطر الماسورة ٤٣ سم ويصل الحمل المتعاد له حوالى ٥٠ طن والنوع الثقيل منه قطر الماسورة ٥٠ سم ويصل الحمل المتعاد له حوالى ٨٠ طن وعادة يتراوح الطول لهذه الخوازيق من ١٠ - ١٣,٥ متر فقط وهذا النوع عبارة عن ماسورة من الحديد سمكها ٢ سم والجزء الأسفل فيها بارتفاع ١,٥ م سمك ٣,٥ سم وتوضع عمودية على الأرض وتغلى الخرسانة بواسطة المتدالة وتعتبر هذه الخرسانة كعب للخوازيق - يتولد بين الخرسانة والماسورة قوة تماسك تساعد على سحب الماسورة عند دق الخرسانة إلى داخل الأرض - تستمر عملية الدق حتى تصل الماسورة إلى المنسوب المطلوب السابق تحديده عند عمل الجسات - عند الوصول للمنسوب المطلوب يتم ربط الماسورة بمحلبين من الصلب ويتم صب خرسانة داخل الماسورة مكونة قاعدة والتي تتوقف على نوع التربة المحيطة فمثلاً في التربة الطينية يتكون قاعدة وفي التربة الرملية يصعب تكون هذه القاعدة - يتم رفع الماسورة إلى أعلى لمسافة ٥٠ سم وتدق الخرسانة تملأ فراغ الماسورة وتكرر هذه العملية حتى يتم عمل الخوازيق المطلوب كما في الشكل التالي :

(١) الخوازيق الخرسانية المصبوبة في مكانها تعمل بواسطة ثقب الأرض بالمحق والمقطر المطولين ثم ملئ هذا الثقب بالخرسانة العادية أو المسلحة .

(٢) يمكن عمل الخوازيق باستخدام مواسير من الصلب (يتراوح قطرها من ٢٠ - ٦٥ سم) مسدودة من أسفل بكعب وتدق بواسطة المتدالة تزن حوالى ٢,٠٠ طن ويتم دق هذه المواسير حتى المنسوب التصميمي المطلوب وتسمى هذه الخوازيق بخوازيق الإزاحة displacement ثم تملأ الماسورة بواسطة الخرسانة ثم تشد إلى أعلى حتى تستخرج من التربة وتستعمل في دق خوازيق أخرى ويتبع عن ذلك ترك عامود خرساني في الأرض يقاوم الأحمال الواقعة عليه بواسطة احتكاكه بالتربة بسطحه الخارجي وبالارتكاز عند كعبه ويبراعى عدم الاستمرار في دق الماسورة عند انفصال الكعب أو دخول التربة أو المياه الأرضية أو اختلاطها بالخرسانة .

(٣) يمكن تجهيز خوازيق بواسطة إنزال الماسورة واستخراج التربة من داخلها بالبريمة Auger أو البلف valve وفي هذه الحالة تنعدم تماماً الإزاحة الخارجية Non - displacement ويشغل الخوازيق الفراغ الناتج عن التربة المستخلصة وبعد أن تصل الماسورة إلى العمق المطلوب يتم ملؤها بالخرسانة وتشد الماسورة لأعلى حتى تستخرج تماماً من التربة ويجب مراعاة عدم انفصال مكونات الخرسانة، وذلك بأن يكون ارتفاع الخرسانة

خوازيق فرانكي



سحب الماسورة وتكون القاعدة

دفع الماسورة مع دفع الخرسانة

الخرسانة المصبوبة في الماسورة

سحب الخرسانة من الماسورة

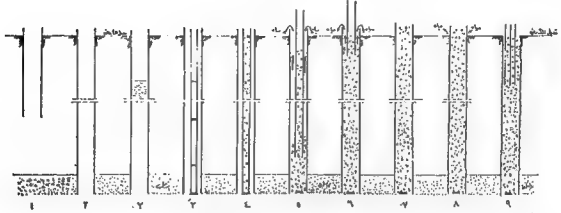
دفع الخرسانة في الماسورة

دفع الخرسانة في الماسورة

دفع الخرسانة في الماسورة

٢) خازوق فيور بالتفريع : يشابه خازوق بنتو ولكن يتم على تسعة مراحل كما في الشكل التالي :

طريقة تنفيذ خازوق فيور بالتفريع

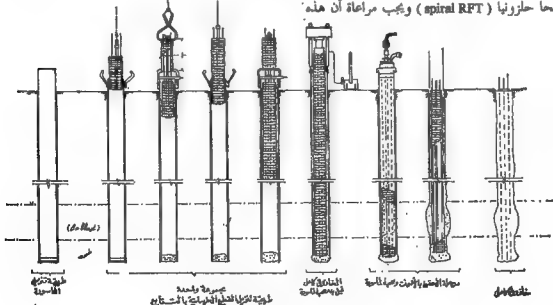


- ١- البدء بوضع الخرسانة في المائدة
- ٢- تكرار المائدة المبدئية
- ٣- وضع الحديد في المائدة الثانية بارتفاع ١٠ سم
- ٤- وضع الخرسانة في المائدة الثانية بارتفاع ١٠ سم
- ٥- وضع الحديد في المائدة الثالثة بارتفاع ١٠ سم
- ٦- وضع الخرسانة في المائدة الثالثة بارتفاع ١٠ سم
- ٧- وضع الحديد في المائدة الرابعة بارتفاع ١٠ سم
- ٨- وضع الخرسانة في المائدة الرابعة بارتفاع ١٠ سم
- ٩- وضع الحديد في المائدة الخامسة بارتفاع ١٠ سم

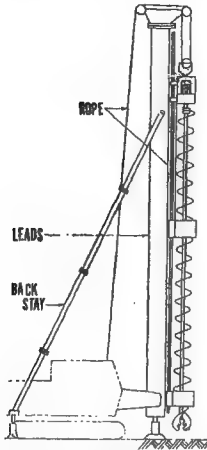
- ١- المائدة الأولى
- ٢- المائدة الثانية
- ٣- المائدة الثالثة
- ٤- المائدة الرابعة
- ٥- المائدة الخامسة
- ٦- المائدة السادسة
- ٧- المائدة السابعة
- ٨- المائدة الثامنة
- ٩- المائدة التاسعة

القطع الخرسانية بجهة بخرسانة كثيفة عالية المقاومة بالإضافة إلى وجود ثقوب بها لوضع وتثبيت حديد التسليح الرأسى مع وجود ثقب داخلى للماسورة بقطر حوالى ١٠ سم تستخدم للمحقن بالأسمت بعد إززال القطع الخرسانية داخل الخازوق . ويتم تركيب هذه الخرسانة القطع على قاعدة من الصلب تترك بالقاع وبعد وصول الخازوق للنسب المطلوب يتم حقنه بالأسمت لتكوين الخازوق الأصل ثم يتم رفع الماسورة الخارجية أثناء عملية الحقن - يعتبر هذا النوع وسط بين أخازوق الخرسانى السابق تجهيزه وأخازوق الخرسانى المصبوب لى الموقع ويسهل طبقاً لمساحة مقطعه وتحدد حمولته حسب قطره وتصل إلى ١٥٠ طن لخازوق قطره ٦٥ سم .

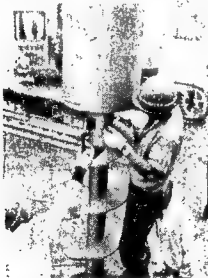
٣) خازوق بريس كور (Prest core pile) : يستخدم هذا الخازوق فى المساحات الضيقة والتي لا تسع الماكينات دق الحوازيق كما أنه يستخدم أيضاً فى حالة وجود مبانى مجاورة تتعرض للتصدع نتيجة للاهتزازات المتولدة بالتربة من عمليات الدق ... أو فى حالة عدد خوازيق ضئيلة بالنسبة للمساحة عادة تستخدم الماكينات اليدوية المستعملة فى الجسات (البريمة أو البليف) ويتم ذلك بإزال ماسورة بقطر ٣٠ - ٦٥ سم ويغرس بداخلها وذلك حتى للنسب المطلوب مع إضافة أطوال للماسورة كلما تطلب ذلك - يتم تجهيز قطع أسطوانية من الخرسانة المسلحة قطرها الخارجى أقل من القطر الداخلى للماسورة بحوالى ١ سم ويبلغ ارتفاع القطعة الخرسانية ٥٠ سم وتسلك تسليحاً حلزونياً (spiral RFT) ويجب مراعاة أن هذه



طريقة تنفيذ خازوق فيور بالتفريع



الماكينة التي تقوم بالتخريم مركب في اعلاها
جهاز ضخ الاسمنت والرمل



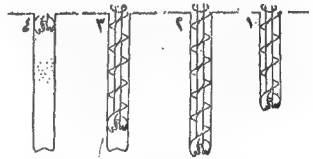
الجهاز العلوى الذى يدا بالاسمنت والرمل والمادة التى تعطي
الدونة وتقوم بفتح المونة فى الماسورة التى بداخل البريصة

- (٥) خوازيق ويرس Wirth : خوازيق ويرس تنتج من
تشغيل ماكينة اهتزاز لها ماسورة بها سنون خارجية حلزونية وفى
نهاية الماسورة من أسفل سلكة تمنع دخول الماء بالماسورة أثناء
الحفر بالماكينة جهاز يعمل على دوران هذه الماسورة مع الضغط

(٤) خوازيق التخريم : خوازيق التخريم قطر ٦٠ سم وحمل
التشغيل ١٢٥ طن ويعمل بخرسانة الرمل والأسمنت فقط مع
إضافة مادة تعطي لدونه عالية للخرسانة . وطريقة التخريم تتم
كالآتي :

- ١ (يحدد منسوب ارتكاز الخازوق بجهاز الاختراق .
- ب (يتم التخريم بإنزال ماسورة بطول حوالى ١,٥ م ويهبط
إنزال البريصة بداخلها إلى الصق المطلوب .
- جـ (وأثناء رفع البريصة يتم ضغط مونة الرمل والأسمنت فى
الحفر الذى يكون ماسورة بداخل البريصة وكذلك يضاف مواد
كيميائية لزيادة لدونة الرمل والأسمنت وتحديد الكميات من واقع
التجارب على نوعية الرمل المستعمل فى جسم الخازوق . وهناك
عدة أنواع من المواد الكيميائية ضمنها Retarder or melament
انتاج شركة هو كست . بإضافة ١ كجم من احدى المادتين
لكل ١٠٠ كجم أسمنت لتعطي جهداً حوالى ٢٨٠ كجم / سم^٢
ويجب التأكد من ضغط الرمل والأسمنت داخل الحفر أثناء رفع
البريصة للتأكد من عدم وجود فراغات وذلك بتوقف مؤشر ضغط
الرمل والأسمنت . وقد عملت تجارب تحميل بحوالى مرة ونصف
حمل التشغيل وظهر أن المبوط النهاى لا يتجاوز ٢ م بما فى ذلك
المرونة فى جسم الخازوق . ويكون المبوط النهاى بعد رفع الحمل
حوالى ٣ م ويمكن الوصول إلى عمق حوالى ٢٠ متر وكذا
يمكن الوصول إلى عمق ٢٥ متر بعمل وصلات إضافية .

خوازيق التخريم :



- ١ - البريصة تخترق الأرض
- ٢ - البريصة وصلت الأرض المبلية التى سيرتكز عليها الخازوق
- ٣ - خروج البريصة مع ضخ الاسمنت والرمل والمادة للدونة ليملا
الخازوق
- ٤ - اهتلا الخازوق بالمونة .

٦) خوازيق سترافوس (straus pile) : يعتبر هذا الخازوق من الأنواع الأولية وأقلها تكلفة ولا يحتاج لأى مكينات في تنفيذه .. تتراوح أطوار هذه الخوازيق بين ٢٠ سم إلى ٣٠ سم . يتم التنفيذ بعمل ثقب رأسى بعمق ١,٠٠ متر في التربة ببريمة قطرها أكبر من قطر الخازوق المطلوب ثم تثبت ماسورة بطول ٢,٥ متر في الثقب .. ويتم إنزال الماسورة في التربة بواسطة تفريغ التربة داخل الماسورة ببريمة قطرها أصغر من قطر الماسورة - تركيب وصلات من المواسير كلما احتاج الطول إلى ذلك .. وعند الوصول إلى المنسوب المطلوب يتم صب الخرسانة داخل الماسورة ... وأثناء الصب يتم رفع الماسورة إلى أعلى ويتم ذلك الخرسانة جيداً بمندالة وزن ٥٠ كجم يصل طول الخازوق من هذه الأنواع لحوالى ١٠ متر ويتراوح حمل الخازوق من ١٠ - ١٨ طن هذا النوع من الخوازيق يحتاج إلى عناية خاصة لضبط رأسية الخازوق .

٧) خازوق كومبريسول Compressol pile : لا تستخدم مواسير في هذا النوع .. ويتم استخدام غرط من الحديد قطره ٥٠ سم وارتفاعه ١,٠٠ متر ويتم رفع هذا الغرط بالمكينية إلى أعلى ثم إسقاطه حراً في الأرض فينتج عن ذلك فجوة في الأرض بشكل الغرط تكرر العملية عدة مرات حتى يصل الغرط إلى العمق المطلوب والذي لا يزيد عن ٦,٠٠م تقريباً .. ويستبدل الغرط بعد ذلك بنصف كرة قطرها ٥٠ سم وتصب الخرسانة على ثغرات دفعات داخل الفجوة ويتم عمل الخازوق . أحمال هذا الخازوق في حدود ٢٠ طن ويتم تنفيذه في الأرض الطينية المتاسكة . ويجب ملاحظة تأثير الضغوط التربة تحت منسوب الخازوق على المباني المجاورة .

خامساً : الاختراطات الفنية المطلوبة للخازوق :

- ١) يجب أن يكون الحمل المؤثر على الخازوق في محوره .. وفى حالة وجود أكثر من خازوق يراعى أن يكون تأثير الحمل الكلى في مركز ثقل المجموعة .
- ٢) في حالة عدم مركزية الحمل تتخذ لها الاحتياطات اللازمة لذلك عند تصميم الوسائل .
- ٣) يجب ألا يزيد الجهد في قطاع الخازوق عن جهد التشغيل المسموح به لمادة الخازوق سواء كان الخازوق خرسانة أو حديد .. إلخ .
- ٤) تتخذ كافة الاحتياطات اللازمة لحماية الخوازيق مما قد يوجد بالتربة من أملاح وكبريتات في المياه الجوفية عن ٣٠٠ مليجرام / لتر يراعى استخدام أتمنت مقاوم للكبريتات .
- ٥) يجب أن تكون الخرسانة المستخدمة بكثافة عالية وقوة اجتهادات مرتفعة ونفاذية ضئيلة والركام المستخدم سيليسى

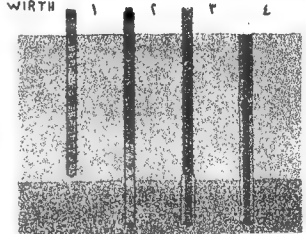
عليها لأسفل فتخترق مكان الخازوق المراد صبه إلى الطيقة الرملية التى حددت عليها ارتكاز الخازوق بواسطة جسة سابقة بأى طريقة أو جهاز الاختراق الغرطوى .

ويشتمل صب الخازوق على أربعة مراحل :

- أ) اختراق الماسورة حتى طبقة الرمل التى ستركز عليها الخازوق .
- ب) إنزال التسليح اللازم للخازوق ويحدد مقدار هذا التسليح بالتصميم حسب طبيعة التربة والأحمال التى سيتحملها الخازوق .
- ج) يتم إنزال الخرسانة داخل الماسورة التى سبق إنزال الحديد بها مع دفع السداة إلى أعلى بحيث عند رفع الماسورة تصبح السداة منفصلة عن الماسورة وذلك بتأنى بثقل الخرسانة التى صبت داخل الماسورة ، ويجب البدء في سحب الماسورة بعد صب حوالى ٣ / ٤ ط . وبالماسورة يعمل جهاز الاهتزاز بالمكينية على هز الخرسانة داخل الماسورة ثم يبدأ في سحب الماسورة .

د) يتم سحب الماسورة مع الصب بالتوالى مع تشغيل جهاز الاهتزاز كما في الشكل التالى :

المراحل الأربعة التى يتم عملها لإنزال الماسورة على نهاية صبها هي:



- ١- اختراق الماسورة حتى طبقة التماسك .
- ٢- إنزال التسليح اللازم .
- ٣- يتم صب الخرسانة داخل الماسورة .
- ٤- يتم سحب الماسورة مع الصب بالتوالى مع تشغيل جهاز الاهتزاز .

شكل يبين نزول الماسورة داخل التربة

(١٧) تحفظ الخوازيق مبللة لمدة ٧ أيام ولا يتم دق الخوازوق الجاهز قبل مضي ٢٨ يوماً على تاريخ الصب .

(١٨) وفي حالة تنفيذ وصلات الخوازيق يتم الكشف عن حديد التسليح بطول لا يقل عن ٥٠ مرة قطر السبيخ وتزداد الكانات في هذا الجزء إلى ضعف العدد المطلوب ويراعى الالتزام بباقي الاشتراطات .

الخوازيق الخشبية :

يندر استعمال الخوازيق الخشبية كأساسات للمباني في مصر حالياً ولكن قد تستخدم في أعمال الدسبات أو كدعامات لحماية المنشآت المائية . وعادة تصنع في قطاعات مربعة أو مستديرة وقد يكون القطاع منتظماً أو مسلوياً .

ويجب أن يكون جسم الخوازوق خالياً من جميع العيوب التي يمكن أن تؤثر على متانة الخوازوق وتحمله . ويتوقف عمر الخوازوق على الوسط الذي يخترقه ، ففي حالة اختراقه للتربة يكون كامل طول الخوازوق تحت منسوب المياه المذبة فإنه يعيش لسنتين طويلة ، أما في حالة امتداد الخوازوق فوق سطح المياه فإنه يكون عرضة للتآكل ويجب معالجته حتى لا يقل عمر المنشأ الذي يعمل أو يحمله .

وفي حالة استعمال الخوازيق في المنشآت فإن جسم الخوازوق يكون معرضاً للتلف من جراء تعرضه لهجوم الأحياء المائية أو الحريق ولذا يجب معالجته بالمعالجة المناسبة بالدهان أو الحفن . فإذا تمت المعالجة جيداً فإن عمر الخوازوق يزيد إلى عشرات السنين . ويجب فحص الخوازيق الخشبية عند اختيارها وقيل معالجتها واستبعاد الخوازيق التي يظهر بها عيوب . كما يفضل ألا تقل نسبة الرطوبة بها عن ٢٠٪ وألا تزيد عن ٥٠٪ وفي حالة صعوبة الدق في الأراضي الصلبة . فيمكن عمل حفر مسبقة لتسهيل عملية الدق . ولا يجوز استعمال الخوازيق الخشبية تحت منشآت تبيت منها حرارة شديدة مثل الأفران حيث إن عمر الخوازيق الخشبية حساس للحرارة .

ويراعى في تنفيذ الخوازيق الخشبية ما يلي :

(١) أن يتراوح أبعاد قطاعها من ١٥٠ ملمتر إلى ٥٠٠ ملمتر (قطر الدائرة أو الضلع للمربع) وقد يصل طول الخوازوق منها إلى ٢٠ متراً . ويكون قطاعها منتظماً أو مسلوياً - إذا كانت الخوازيق دائرية المقطع وجب ألا يقل قطرها عن ١٥٠ ملمتر عند أسفلها وعن ٢٨٠ ملمتر على بعد ٦٠٠ ملمتر من قمتها بعد إزالة الأجزاء الزائدة منها بعد دقها . أما إذا كانت الخوازيق مربعة المقطع وجب ألا يقل مقطعها عن ٢٥٠ × ٢٥٠ ملمتر في كامل طولها .

وتحلى من الشوائب والحجر والمواد الغريبة ونسبة الماء إلى الأسمنت أقل ما يمكن وأن تقل نسبة الأسمنت عن ٣٥٠ كجم / م^٣ خرسانة .

(٦) عند حساب قطاع الخوازوق يستبعد الجزء الخارجى الملاصق للتربة وذلك بتقليل القطر في حدود ٥ - ٦ سم وكذلك عند حساب الإجهادات في جسم الخوازوق .

(٧) المسافة بين محاور خوازيق الاحتكاك لا تقل عن ثلاثة أمثال قطر الخوازوق ولا تقل عن ٢,٥ مرة قطر الخوازوق في حالة خوازيق الارتكاز ولا تقل عن ٢ مرة قطر البريمة في حالة خوازيق البريمة .

(٨) يجب أن يمتد حديد الخوازيق أو تسليح الرؤوس داخل الوسائد بطول لا يقل عن ٥٠ مرة قطر السبيخ على الأقل .

(٩) يتم ربط الوسائد بواسطة شدائد (ميدات) جاسفة .

(١٠) يجب ألا يقل تسليح الخوازوق الخرسانى عن الآتى :

— الخوازيق سابقة الصب ١,٢٥٪ إذا كان طول الخوازوق حتى ٣٠ مرة قطر الخوازوق .

— ١,٥٪ إذا كان طول الخوازوق ٣٠ - ٤٠ مرة قطر الخوازوق .

— ٢٪ إذا كان طول الخوازوق أكبر من ٤٠ مرة قطر الخوازوق .

وفي حالة وصل الحديد يراعى اتخاذ كافة الاشتراطات الفنية لذلك .

(١١) يجب ألا يقل التسليح العرضى (الكانات) عن ٠,٢٥٪ من حجم الخوازوق ولا تزيد المسافة بين الكانات عن أصغر قيمة لكل من (نصف قطر الخوازوق أو ١٥ مرة قطر السبيخ أو ٢٠ سم) .

(١٢) تزداد الكانات في المتر الأول والمتر الأخير من الخوازوق إلى نسبة ٠,٦٪ من حجم الخوازوق . يجب ألا يقل الغطاء الخرسانى عن ٤ سم وفي الأراضي التي بها نسبة أملاح عالية يصل الغطاء إلى ٦ سم .

(١٣) يفضل أن يزود طرف الخوازوق بكعب معدنى يثبت في الخرسانة .

(١٤) يراعى أن يزداد طول الخوازوق لمسافة ٥٠ مرة قطر سبيخ التسليح أو ٦٠ سم أيهما أكبر عن الطول المحسوب وذلك تمويهاً للجزء العلوى الذى يتم تكسيه بفعل الدق .

(١٥) يجب ألا يقل تسليح الجزء العلوى من الخوازيق التى تصب مكانها عن ١٦φ٤م ويطول لا يقل عن ٣,٠٠م للسبيخ .

(١٦) يتم ربط حديد الخوازيق بالوسائد (caps) .

(٢) أن يكون خشب الخوازيق من النوع الجيد مثل الخشب العيزري وبحيث يقاوم المؤثرات التي قد يتعرض لها .
(٣) يجب ألا تتعدى الإجهادات في مقطع الخازوق الناتجة عن الدق أو عن التحميل جهد التشغيل المسموح به لنوع الخشب المستعمل وفقاً للجدول التالي . مع مراعاة تأثير خاصية الانبعاث إن وجدت .

نوع الخشب المستعمل كخازوق		جهد التشغيل المسموح به في الضغط في اتجاه الألياف	
		ميجانوتن / م ^٢	كجم / سم ^٢
العيزري (pitch pine) أو ما يمثله البلوط (oak) أو ما يمثله		٤	(٤٠)
		٥,٤	(٥٤)

(٤) تورد الخوازيق للموقع بأطوال تزيد على الأطوال المقدرة على ضوء الحساب وخوازيق التجربة بما لا يقل عن ٥٠٠ ملليمتر . وبعد دفنها تزال منها الأطوال الزائدة أو التي تكون قد تأثرت بالدق .

جدول يبين تأثير خاصية الانبعاث Buckling على الحمل المسموح به للخوازيق التي تعمل كأعمدة

معامل تخفيض الحمل المسموح به * نتيجة لانبعاث الخوازيق التي تعمل كأعمدة				نسبة الطول الفعال إلى أقل نصف قطر	
				Effective length	
				للحركة التدويرية	
				Radius of gyration (R)	
صلب ٥٢	صلب ٣٧	خرسانة مسلحة	خشب		
١,٠٠٠	١,٠٠	—	١,٠٠	صفر	
٠,٩٤٠	٠,٩٥	—	٠,٩٨	١٠	
٠,٨٧٥	٠,٨٩	—	٠,٩٥	٢٠	
٠,٨١٥	٠,٨٤	—	٠,٩٣	٣٠	
٠,٧٥٠	٠,٧٨	—	٠,٨٩	٤٠	
٠,٦٨٥	٠,٧٣	١,٠٠	٠,٨٢	٥٠	
٠,٦٢٥	٠,٦٨	٠,٨٨	٠,٧٢	٦٠	
٠,٥٦٥	٠,٦٢	٠,٧٦	٠,٦١	٧٠	
٠,٥٠٠	٠,٥٧	٠,٦٧	٠,٥٠	٨٠	
٠,٤٣٥	٠,٥١	٠,٥٩	٠,٤١	٩٠	
٠,٣٧٥	٠,٤٦	٠,٥٢	٠,٣٤	١٠٠	
٠,٣٢٥	٠,٤١	—	٠,٢٨	١١٠	
٠,٢٨٠	٠,٣٦	—	٠,٢٤	١٢٠	
٠,٢٤٥	٠,٣٢	—	٠,٢١	١٣٠	

* الحمل المسموح به = معامل الانبعاث × الجهد المسموح به
بماضمال الانبعاث × مساحة مقطع الخازوق .
I = عزم القصور الذاتي حول المحور الأطول (العزم الأصغر) لمقطع الخازوق .

٦ يمكن زيادة طول الخوازيق الخشبي بأطوال أخرى من نفس المقطع على أن تعمل الوصلة من قطاعات معدنية أو خشبية بمقاسات مناسبة تتحمل الاجهادات التي يتعرض لها بأمان .

$$A = \text{مساحة مقطع الخازوق} .$$

$$R = \text{نصف قطر الحركة التدويرية} = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

الخوازيق الحديدية :

بالنسبة لمادة الخازوق .

ومن استيفاء اشتراطات ضبط الجودة عند تجهيز وإنشاء الخوازيق . وفي حالة امتداد الخوازيق خارج مستوى سطح الأرض النهائي فإنه يجب تصميمها كأعمدة .

وعلى أساس استيفاء شرط متانة جسم الخازوق كقرص مبدئي فسينحصر تناول الموضوع في هذا المقام فيما يلي على عامل مقاومة التربة لحمل الخازوق باعتباره العنصر المحدد لقدرة تحمل الخازوق . لذلك يمكن القول بأن قدرة تحمل الخوازيق تعتمد على طراز وشكل ومقاس الخازوق وعلى خواص التربة المحيطة والحاملة للخازوق . وكذلك تعرف قدرة التحمل القصوى على الخازوق عادة بأنها الحمل الذي تبلغ عنده مقاومة التربة للانتهار حدتها الأقصى . وفي حالة زيادة الحمل عن هذا القدر تنهار التربة الحاملة للخازوق لتجاوز أجهادات القص المتولدة بقلعة التربة لمقاومتها وهو بما يعرف باسم انبهار القص العام . ويحدد يخرق الخازوق التربة بغير عمقه أو اتجاهه أو كلاهما بمقادير ملحوظة . وقد تتغير أيضاً خواص التربة الحاملة للخازوق . ومن ثم لاكتسب الخازوق صفات مغايرة لوضعه قبل الانهيار . ويختلف مقدار هبوط أو حركة الخازوق المناظرة لتولد القلعة القصوى من حالة إلى أخرى . وذلك لأنها تعتمد على طبيعة التربة وعلى مقاييس الخازوق . وفي أعمال التنفيذ من الممكن اعتبار القدرة القصوى لتحمل الخازوق هي الحمل الذي يحدث هبوطاً في الخازوق قدره ١٠٪ من قطر الخازوق . وذلك إن لم يتم تحديده بخاصية واضحة من منحني (حمل - هبوط) الخازوق .

وقد يمكن حساب قدرة التحمل القصوى بصفة تقريبية بواسطة إحدى الصيغ الإستاتيكية والتي قد تعرف باسم الصيغ النظرية والتي تعتمد على بيانات خواص التربة وعلى الأخص معاملات قوى القص التي تحد من التجارب العملية أو الحقلية أو كليهما .

وكذلك قد يمكن حسابها (في حالة خوازيق الدق) بإحدى الصيغ الديناميكية للخازوق كما قد يمكن تحديد قدرة التحمل القصوى للخازوق من نتائج تجارب الاختراق الإستاتيكية والديناميكية وباستخدام إحدى الصيغ الإستاتيكية فإن القيمة التقريبية المحسوبة للحمل الأقصى تعتمد دقتها على درجة الوثوق في الصيغة المستخدمة وعلى الدقة في بيانات خواص التربة الحاملة للخازوق . ولكن بالنسبة لوائمة القيمة المحسوبة لأي خازوق آخر في الموقع فهذا يتوقف على مدى توافق أو اختلاف معاملات التربة الحاملة والمحطة لهذا الخازوق مع المعاملات المستخدمة في الحساب .

تشمل الخوازيق الحديدية التي يكون قطاعها المتقول إليه الأحمال من الحديد فقط . مثال ذلك قطاع (H) - القطاع المستدير (ماسورة مفتوحة أو مسدودة من نهايتها السفلى) - الفضبان - القطاع المربع أو المستطيل .. إلخ وتشتمل كذلك الخوازيق البريعة . ولهذا الخوازيق متانة إنشائية عالية ويمكن لحامها قبل أو أثناء التنفيذ والوصول بأطوالها إلى قيم كبيرة . ولكن من عيبها أنها تتعرض للصدأ ومن ثم التآكل خصوصاً الجزء من الخازوق الذي على الهامة مباشرة عندما تكون التربة مفككة أو غير متاسكة أو في الجزء من التربة قرب الحد الفاصل بين الماء والهواء .

أ) خوازيق الصلب المدرفلة :

تكون قطاعات هذه الخوازيق إما مسحوبة rolled أو مركبة ومصنوعة خصيصاً لتستعمل كخوازيق حاملة (صندوقية) Box piles وغالباً ما يكون القطاع المستخدم على شكل (H) حيث يكون طول وسمك كل من الشفة flang والمصب web متماثلين ويجب العناية أثناء نقل الخوازيق وتخزينها خصوصاً في الخوازيق الطويلة ذات مسارات القطاع الصغير . وكذلك أثناء الدق فإن الخوازيق ذات القطاع يمكن أن تنثني وتأخذ مسارات مغايرة لمسارها النظري وعليه فإنه من الأحوط أن تقوى نهاية الخازوق السفلى لمنع كسرها وتغيير مسارها أثناء الدق في الأرض شديدة الصلابة .

ب) خوازيق ذات قطاع مستديرة (ماسورة) :

يشمل هذا النوع الخوازيق ذات القطاع المستديرة وتصنع هذه الخوازيق بأقطار وتجاننات متعددة ويمكن أن يصل قطر الماسورة في الخازوق ذات القطاع المفتوح إلى ٣ متر وسمك جدارها إلى ٧٥ ملمتر عندما تستعمل في المنشآت المائية .

ج) الخوازيق البريعة :

هي خوازيق ذات قطاع مستدير مزودة بمخازون من لوح صلب ملحم أسفل الماسورة وتستخدم في أنواع التربة الضعيفة والغرض من المخازون هو زيادة مساحة التحميل بما يزيد من سعة تحمل الخازوق .

✓ قدرة تحمل الخوازيق

أولاً : يتناول هذا الجزء الطرق المختلفة المستخدمة في تقدير قدرة تحمل الخوازيق . وتتوقف قدرة تحمل الخوازيق على عاملين هما : الإجهادات المسموح بها داخل جسم الخازوق . ومقدار مقاومة التربة لحمل الخازوق . وعادة ما يكون العامل الأخير هو المحدد لقدرة تحمل الخوازيق . إلا أنه يجب التأكد من أن أقصى الإجهادات المتولدة بالمخازون لا تتعدى الإجهادات المسموح بها

في حالة المشروعات الصغيرة التي تبين أبحاث التربة بها تماثلها مع الموقع الجاور لها فقد لا يستدعي الأمر إجراء اختبارات تحمل أولية على الخوازيق .

ثانياً : حساب قدرة تحمل الخازوق بالصيغ النظرية :

نظراً لأن هذه الصيغ النظرية تحتوي على معاملات يصعب تحديد قيمتها الحقيقية الفعلية بدقة كافية - كما سيتوضح فيما بعد - لهذا فإنه لا يجوز الاعتماد على نتائج هذه الصيغ وحدها ويتحتم التحقق من هذه النتائج بإجراء تجارب تحمل في الموقع على بعض الخوازيق .

وتحدد جميع الصيغ النظرية على معادلة الحمل الأقصى الذي يتحملة الخازوق عند مستوى أسفل الهامات مضافاً إليه وزن الخازوق (Q_p) بأقصى مقاومة تهبها التربة اتجاه انهيار الخازوق . وتشتمل هذه المقاومة كلاً من جهود القص الناشئة عن احتكاك أو التصاق التربة بالسطح الجانبي للخازوق (Q_f) وجهود الضغط الفعالة على أسفل قاعدة ارتكاز الخازوق (Q_b)

$$\text{معادلة رقم (١)} \quad Q_{ult} + p = Q_f + Q_b \\ = fA_s + qA_b$$

حيث :

f = متوسط إجهاد الاحتكاك أو الالتصاق على وحدة المساحة الجانبية للخازوق (مساحة سطح جذع الخازوق) pile shaft وذلك في حالة أقصى مقاومة لانهيار الخازوق .

A_s = مساحة سطح جذع الخازوق .
 q = متوسط جهود الضغط على وحدة مساحة المسقط الأفقي لقاعدة الخازوق عند أقصى مقاومة لانهيار الخازوق .

A_b = مساحة المسقط الأفقي لقاعدة ارتكاز الخازوق .
وإلى أغلب الحالات يستعاض عن وزن الخازوق (P) بالقيمة ($A_b \times P_o$)

حيث :

P_o = الإجهاد الناتج من وزن عمود التربة المقابل لحجم الخازوق عند مستوى نقطة ارتكاز الخازوق overburden pressure ويكون هذا التعويض مقبولاً في كثير من الحالات إذا اعتبر أن متوسط وزن وحدة الحجم لكل من الخازوق والتربة متساويان .
وبذلك تصبح للمعادلة السابقة على النحو التالي .

$$\text{معادلة رقم (٢)} \quad Q_{ult} = fA_s + A_b (q - P_o)$$

كذلك باستخدام إحدى الصيغ الديناميكية يمكن الحصول على تقدير تقريبي للحمل الأقصى بالموقع وتحدد دقة القيم المتحصل عليها على درجة الوثوق في الصيغة المستخدمة وعلى الدقة في قياس البيانات الحقلية المستخدمة في الحساب .

وفي حالة إجراء تجربة تحميل حتى الانهيار فإنها تعطي القدرة القصوى لتحمل الخازوق المختبر . وإمكان تقدير تلك القدرة بالنسبة لباقي الخوازيق بالموقع فيلزم إما عمل دراسة تفصيلية دقيقة لكامل الموقع لبيان مدى تماثل أو اختلاف خواص التربة على امتداد الموقع .

واستخدام نتائج هذه الدراسة لاستنتاج قدرة التحمل لباقي الخوازيق . أما إجراء عدة تجارب تحميل على عدد كاف من الخوازيق تعطي كامل الموقع والاستمانة بإحدى الطرق الإحصائية في تقدير التحمل للخوازيق الأخرى .

يجب تسجيل البيانات الحقلية الخاصة بتنفيذ جميع الخوازيق . في حالة خوازيق الإزاحة ترصد باستمرار مقاومة الاختراق التي تصادفها الخوازيق أثناء إزالتها داخل الأرض . وفي حالة خوازيق التشقيب تلاحظ عينات التربة المستخرجة أثناء التشقيب مع مقارنتها بأبحاث التربة السابق إجرائها للموقع . وبم دراسة هذه البيانات الحقلية على ضوء تقارير أبحاث التربة التي تم بناء عليها تصميم الأساسات . كما يجب مقارنة هذه البيانات مع بعضها البعض وذلك للتأكد من تجانس تربة الموقع جميعه ومطابقتها مع أبحاث التربة . وفي حالة ظهور تفاوت في هذه البيانات يلزم إجراء مزيد من الدراسة على الجزء أو الأجزاء المتباينة الخصائص وإجراء تعديل على تصميم الأساسات إذا لزم الأمر بما يكفل تلاف الأخطار التي قد تحدث عن هذا التلوث .

وعادة يمكن للمختص - عن طريق عمل مقارنة بين نتائج تجارب التحميل مع بيانات عملية دق الخوازيق مع بيانات التربة - الوصول إلى تقدير مقبول لقدرة تحمل الخوازيق .

وفي حالة المنشآت العادية يتم عادة اختيار نوع الخوازيق وتحديد أطوالها الأولية لإعداد المقاييس التقديرية للتكاليف أثناء مرحلة التصميم بحساب قدرة تحمل الخوازيق من نتائج اختبارات خواص التربة . للموقع وتطبيق إحدى الصيغ النظرية الإحصائية .

وفي جميع أعمال تنفيذ خوازيق الدق تجرى أولاً اختبارات دق بالموقع لعدد مناسب يوزع على كافة الموقع . ثم تتقرر الحاجة لإجراء المزيد من الاختبارات الحقلية حسب الحالة . ففي حالة المشروعات الكبيرة التي لا تتوفر معلومات كافية عن سابقة أعمال حولها فيجب إجراء اختبارات تحمل على خوازيق اختبار قبل البدء في التنفيذ . والتي يستخلص منها قدرة التحميل . أما

اتصال مباشر بالترربة وقد تمتص التربة جزءاً من مياه الخرسانة مما قد يقلل من قيمة جهود الالتصاق C_u الفعلية ويتوقف تأثيرها على عدة عوامل منها مقدار تشرب التربة للمياه أثناء عملية صب الخوازيق . وعلى نوع نفسها . وعلى الفترة الزمنية التي مرت على إنشاء الخوازيق .

ب) في حالة استخدام نفثات المياه water jets لدفع الخوازيق بالترربة تهمل جهود الالتصاق تماماً حتى الأعماق التي رويتها نفثات المياه .

جـ) في حالة التربة العادية يجوز استخدام الجدول التالي لتقدير قيمة التصاق التربة وفي حالة خوازيق الإزاحة على ضوء قيمة تماسك التربة أما في حالة خوازيق التثقيب فيمكن اعتبار قيمة C_u تتراوح بين $0.3 - 0.4$ من متوسط قيمة C بشرط ألا تزيد قيمة C_u عن 100 كيلو نيوتن/م² (١ كجم/سم²) .

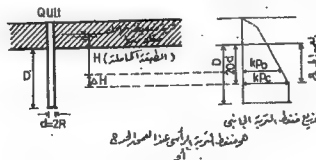
أ) نظراً لما أحدثته عملية دق الخوازيق من إعادة لتشكيل الهيكل البنائي للجزيئات المكونة للتربة الطينية في المناطق الواقعة حول الخوازيق فإن قيمة التماسك C_u بين جذع الخوازيق والترربة تقل تبعاً لذلك ويتوقف مقدار تأثيرها على مادة الخوازيق ونوع التربة وعلى الفترة الزمنية عقب عملية دق الخوازيق . ففي التربة الطينية ضعيفة التماسك والترربة ذات الحساسية sensitive clays تقل قدرة الالتصاق . ثم تعود وتزداد مع الوقت في حالة الخوازيق الخشبية والخرسانية . أما مع الخوازيق الصلب فإن تزايدها يكون معدداً أبطأ وبمقادير أقل . وفي التربة الطينية المتاسكة وشديدة التماسك فقد لا تزايد C_u ثانية مع الوقت حتى في بعض الأحوال التي تستعيد فيها التربة بعضاً من قوة تماسكها .

بالنسبة لخوازيق التثقيب التي تصب عرساتها في الموقع لـ

جدول يبين القيم المناسبة للالتصاق في حالة خوازيق الإزاحة المنشأة في تربة طينية صرفة

نوع الخوازيق	قوام التربة	" C_u " التماسك KN/cm^2	" C_u " إجهاد الالتصاق الأقصى KN/cm^2
خشب أو خرسانة	ضعيف التماسك جداً	صفر - ١٢,٥	صفر - ١٢,٥
	ضعيف التماسك	٢٥ - ١٢,٥	٢٤ - ١٢,٥
	متوسط التماسك	٥٠ - ٢٥	٣٧,٥ - ٢٤
صلب	متاسك	١٠٠ - ٥٠	٤٧,٥ - ٣٧,٥
	شديد التماسك	٢٠٠ - ١٠٠	٦٥ - ٤٧,٥
صلب	ضعيف التماسك جداً	صفر - ١٢,٥	صفر - ١٢,٥
	ضعيف التماسك	٢٥ - ١٢,٥	٢٣ - ١٢,٥
	متوسط التماسك	٥٠ - ٢٥	٣٥ - ٢٣
	متاسك	١٠٠ - ٥٠	٣٦ - ٣٥
	شديد التماسك	٢٠٠ - ١٠٠	٣٧,٥ - ٣٦

• القيم الصغرى والعليا لإجهاد الالتصاق " C_u " تناظر القيم الصغرى والعليا لإجهاد التماسك " C_u "



يمكن تقدير قوة تحمل عمود في ترربة غير متساوية كالتالي:
 P_c هو ضغط التربة الرأسية عند العمق الخارج

$$K_{HT} \text{ أو } K_{HC} = K$$

رابعاً : التربة غير متاسكة الحبيبات :

تأخذ الصيغة الأساسية المبينة بالبند ثانياً عدة صور منها في حالة الخوازيق المستديرة المقطع كما في الشكل السابق :

$$Q_{ult} = P_b N_q \pi R^2 + \sum_{H=0}^{H=D} K_{HC} P_o \tan \delta \cdot 2 \pi R \cdot \Delta H \quad \text{معادلة رقم (٢)}$$

كذلك في حالة خوازيق الشد يكون :

$$T_{ult} = \sum_{H=0}^{H=D} K_{HT} P_o \tan \delta \cdot 2 \pi R \cdot \Delta H \quad \text{معادلة رقم (٧)}$$

حيث :

P_b = الضغط الرأسى الفعال عند منسوب نقطة ارتكاز الخازوق .

N_q = معامل قدرة تحمل التربة (كما في الجدول التالى أ) .

K_{HC}, K_{HT} = النسبة بين الضغوط الأفقية إلى الرأسية الفعالة على جوانب الخازوق في حالتي الضغط والشد على الترتيب .
(كما في الجدول التالى ب) .

P_o = الضغط الرأسى الفعال على الطول المدفون من الخازوق داخل التربة غير المتاسكة .

δ = زاوية الاحتكاك بين الخازوق والتربة (كما في الجدول التالى ج)

P = وزن الخازوق .

جدول (أ) يبين العلاقة بين معامل قدرة التحميل (N_q) وقيم زاوية الاحتكاك الداخلى (Φ) لتربة غير متاسكة الحبيبات

Φ بالدرجات قبل التنفيذ	٢٥	٣٠	٣٥	٤٠
خوازيق الإزاحة N_q	١٥	٣٠	٧٥	١٥٠
N_q خوازيق التنقيب الاعتيادية	٦	١٥	٣٧	٧٥

جدول (ب) يبين قيم المعاملات (K_{HC}) ، (K_{HT})

نوع الخازوق	K_{HC}	K_{HT}
خازوق ذو قطاع H	١,٠ - ٠,٥	٠,٣ - ٠,٥
خازوق لإزاحة	١,٥ - ١,٠	٠,٦ - ١,٠
خازوق لإزاحة متغير القطاع	١,٥ - ٢,٠	١,٠ - ١,٣
خازوق لإزاحة باستخدام النفثات	٠,٤ - ٠,٩	٠,٣ - ٠,٦
خازوق تنقيب اعتيادي (قطر أقل من ٠,٦٠ متر)	٠,٧	٠,٤

جدول (ج) يبين قيم زاوية الاحتكاك بين التربة وجسم الحازوق (٤)

نوع الحازوق	٤ درجة
حديد	٢٠
خرسانة	$\frac{٣}{٤} (\Phi)$
خشب	$٣ (\Phi)$

❖ زاوية الاحتكاك الداخل للتربة .

يكون الحمل الأقصى للحازوق مساوياً لمجموع جهود المقاومة التي ستبذلها كل من الطبقات الحاملة للحازوق باستثناء الطبقات الضعيفة التي ستضاغط وستلاشى مقاومتها إزاء حركة جذع الحازوق أو سيتولد عنها إجهادات قص سالبة على جذع الحازوق .

وللحصول على معلومات إضافية في حالة اختراق الحازوق لطبقات متباعدة ويستقر طرفه في طبقة ذات حيبيات غير متناسكة (granular)

سادساً : حساب قدرة تحمل الحازوق من بيانات الدق :
تحتسب قدرة تحمل الحازوق من بيانات الدق بإحدى الطرق التالية إما باستخدام الصيغ الديناميكية أو عن طريق تطبيق المعادلة الموجبة .

١ - الصيغ الديناميكية الخاصة بالحوازيق المنشأة بالدق :
هذه طريقة تقريبية لحساب قدرة تحمل الحوازيق المنشأة بالدق في التربة غير متناسكة الحبيبات مثل الرمال والحصى والزلط . ولا يجوز الاعتماد عليها وحدها في تحديد الحمل التصميمي للحوازيق دون مضاهاتها مع نتائج اختبارات تربة الموقع واختبارات التحميل أو الخبرة المحلية كما سبق وأوردنا من قبل .

أما في حالة التربة متناسكة الحبيبات مثل الطينية أو الطباشيرية أو الجصية (marl) أو في حالة التربة الطينية المشبعة بالمياه فإنه لا يجوز استخدام هذه الطريقة معها . كذلك يجب الحذر عند تطبيق هذه الصيغ في حالات التربة التي تظهر مقاومتها أقل لاختراق الحازوق عند إعادة الدق عليه بعد فترة توقف حوالى ساعتين .

❖ (marl) عبارة عن حجر جيري في مرحلة التكوين قابل للمجن والتشكيل .

ومعلوم أن جميع الصيغ الديناميكية على تمدها تعتمد على أساسين كليهما تقريباً :

أ) أن قدرة التحمل الإستاتيكية القصوى للحازوق تساوى مقاومة التربة الديناميكية لاختراق الحازوق .

ب) وأن مقاومة التربة الديناميكية لاختراق الحازوق يمكن حسابها من الطاقة الكينماتيكية لمطرقة الدق ومقدار غر الحازوق في التربة « Refusal » .

وتتنوع الصيغ الديناميكية للحوازيق وفقاً للفروض الموضوعه لكل منها في تقدير نسبة الفاقد في طاقة المطرقة التي تحدث الانفصالات للترّة في التربة والحازوق والوسادة .. إلخ وموجات الاحتراز بالحازوق وما إلى ذلك أبان عملية دق الحوازيق .

ولقد أثبتت نتائج الأبحاث وتجارب التحميل بالموقع أن كلاً من مقاومة ارتكاز الحازوق والاحتكاك الجانبى يزيدان مع زيادة الضغط الرأسى حتى عمق داخل الطبقة الحاملة يطلق عليه العمق الحرج كما في الشكل السابق وتتوقف قيمة هذا العمق الحرج على الكثافة النسبية للتربة غير المتناسكة ومنسوب المياه الجوفية وتراوح قيمته بين ١٠ إلى ٤٠ قطر الحازوق . وفي حالة زيادة طول الحازوق المدفون في التربة غير المتناسكة عن العمق الحرج فإن الزيادة في مقاومة الارتكاز تكون صغيرة جداً في حين تتناسب الزيادة في محصلة الاحتكاك الجانبى مع المساحة الجانبية للحازوق . ومن ثم فإنه عند حساب قدرة التحميل لحوازيق مدفونة داخل الطبقة الحاملة لمسافات كبيرة فإنه يجب ألا يتجاوز العمق الحرج أكثر من ٢٠ مثل قطر الحازوق عند تقدير أى من (P_u) و (P_v) كما هو موضح بالشكل السابق .

ونظراً لحساسية قيم المعامل (N_q) لقيمة زاوية الاحتكاك الداخل للتربة . والتي غالباً ما تتغير بالنقص أو بالزيادة وفقاً لنوع ونظام تنفيذ الحوازيق في الطبيعة . فيجب الحرص الشديد عند اختيار القيمة التصميمية لهذه الزاوية .

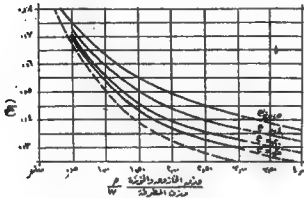
ويراعى عند استخدام حوازيق الإزاحة مع استعمال التفاتات ألا تزيد القيمة التصميمية لزاوية الاحتكاك الداخل عن (٢٨°) عند تحديد قيمة (N_q) .

ومن الجدير بالذكر أن طريقة التصميم المذكورة أعلاه يمكن استخدامها لحوازيق لا يزيد قطرها عن ٦٠٠ ملمتر . أما الحوازيق ذات الأقطار الأكبر فإن تصميمها يعتمد أساساً على مقدار المبروط والذي يمكن تقدير قيمته بحوالى نصف مقدار المبروط الذى يحدث لقاعدة مكافئة ترتكز على سطح تربة مشابهة للترّة الموجودة عند قاعدة ارتكاز الحازوق .

خاصاً : التربة المكونة من طبقات متباعدة .

حساب طاقة الدق بطريقة مغايرة لوزن وارتفاع المطرقة يجب تقديم الحسابات الدالة على قيمة الطاقة الفعلية للدقة .

η = كفاءة الدق وتعتمد على « e » والنسبة p/w كما في الجدول التالي (ب) وكما في الشكل التالي :



شكل جيد كفاءة الدق على (e) والنسبة $(\frac{p}{w})$

حيث :

- e = معامل الارتداد كما في الجدول التالي (ب) .
- P = وزن الحازوق بالإضافة إلى وزن الحوزة أو طربوش الدق والوسادة والحشو .
- S = مقدار احتراق الحازوق لكل دقة بالمليمتر .
- C = مجموع الانضغاط المؤقت $(C_e + C_p + C_q)$ بالمليمتر .

حيث :

- C_e = الانضغاط المؤقت للوسادة والحشو أو رأس الحازوق الخشبي بالمليمتر (كما في الشكل التالي أ)
- C_p = الانضغاط المؤقت للحازوق بالمليمتر .

- (١) حازوق خرسانة ... كما في الشكل التالي ب
- (٢) حازوق حديد ... كما في الشكل التالي جـ .
- (٣) حازوق خشب ... كما في الشكل التالي د .
- الانضغاط المؤقت للتربة بالمليمتر كما في الشكل التالي هـ .

ويمكن حساب حمل التشغيل الأقصى للحازوق R_w كما يلي :

معادلة رقم ٩

$$R_w = \frac{R_u}{F}$$

حيث « F » هو معامل الأمان ويُؤخذ مساوياً (١,٥) في الصخر . وفي حالة التربة الرملية والزلطية يتراوح (من ٢ إلى ٣) حسب الوثائق في قيم معاملات الانضغاط C_e ، C_p من تجارب الاحتراق بالموقع باستعمال نفس الشاكوش ونفس

وقد أظهر التحليل الإحصائي أنه لا توجد صيغة ديناميكية تعطي نتائج موثوقة بها تماماً وأنه في أحسن ظروف التطبيق عندما تكون الحوازيق مرتكزة داخل طبقات من الرمال أو الزلط أو الحصى أو ما شاكل ذلك من الخبيثات غير المتماسكة فإن الاستخدام الأمثل للصيغة الديناميكية يعطى قيماً محسوبة تتراوح بين ٤٠% ، ١٣٠% من قدرة التحمل العظمى التي تعطى باختبارات التحميل . ونورد فيما يلي إحدى الصيغ الشائعة استخدامها في مصر وهي صيغة هابلي Hiley formula وتعتبر الصيغة الأهم حيث تعتمد على القوانين التي تحكم الاصطدام بالأجسام المرنة ، وتستخدم هذه الصيغة فقط لحوازيق الدق المرتكزة في الرمل أو الزلط أو الصخر ولا تستخدم في الحوازيق المرتكزة في التربة الطينية أو الطميية . كما لا يوصى باستخدام هذه الصيغة في حالة حوازيق الإزاحة التي يتم دفعها بالدق على كعب الحازوق .

ويمكن تأكيد صلاحية استخدام صيغة هابلي لتكوين جيولوجي معين بإعادة الدق على حازوق الإزاحة بعد فترة سكون ومقارنة مقدار الهبوط المناظرة لدقة واحدة 300 قبل وبعد إعادة الدق . وعموماً فإذا كان الهبوط بعد إعادة الدق يختلف عنه في مرحلة الدق الأولى فإن ذلك يحذر مؤشراً لعدم الاعتماد لاستعمال هذه الصيغة كما يلي :

(أ) إذا كان الهبوط بعد إعادة الدق أكبر فيجب عدم استخدام هذه الصيغة تحت ظروف الموقع ونوع الحازوق المستخدم .

(ب) إذا كان الهبوط بعد إعادة الدق استمر فإن هذه الصيغة تعطي قيماً قد تكون بالغة التحفظ ويعبر عن هذه الصيغة كما يلي :

معادلة رقم (أ)

$$R_u = \frac{W.H.\eta}{C} \div \frac{S + w}{2}$$

حيث :

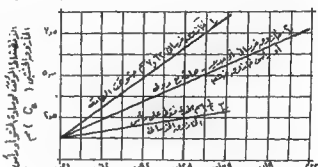
- R_u = أقصى مقاومة للدق بالكيلونيوتن .
- w = وزن المطرقة ram وهي الجزء المتحرك من الشاكوش بالكيلونيوتن .
- H = الارتفاع المؤثر لسقوط المطرقة بالمليمتر ويساوى $H = k \times$ الارتفاع الحقيقي لسقوط المطرقة .

حيث :

- K = معامل يعتمد على نوع الشاكوش كما في الجدول التالي (أ) .
- $w.h$ = تمثل الطاقة المؤثرة عن الدقة الواحدة . وفي حالة

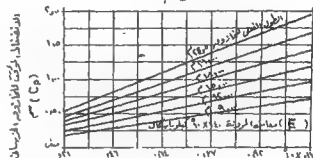
الماسورة والكعب المستعملين في دق الخوازيق .

كما تستخدم الصيغة المذكورة عالية في أغلب الأحيان في تحديد مقاومة الاختراق ($net = s$) المطلوبة لحمل التشغيل .



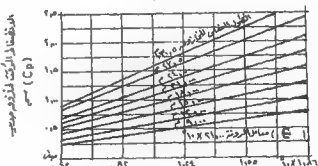
جهد الدفع الفعلي = $\frac{R_u}{R_u^ult}$ كيلونيوتن/م²

شكل ٣



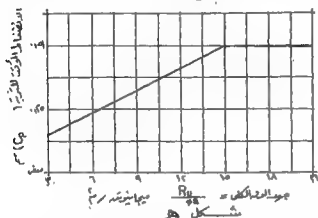
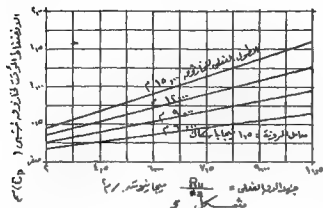
جهد الدفع الفعلي = $\frac{R_u}{R_u^ult}$ كيلونيوتن/م²

شكل ٤



جهد الدفع الفعلي = $\frac{R_u}{R_u^ult}$ كيلونيوتن/م²

شكل ٥



جدول (أ) بين معامل الشاكوش (K)

K	نوع الشاكوش
٠,٨	شاكوش ساقط يعمل بالونش
٠,٩	شاكوش أحادي التشغيل يعمل بالهواء
١,٠	المضغوط أو البخار
١,٠	شاكوش ثنائي التشغيل يعمل بالهواء
١,٠	المضغوط أو البخار
١,٠	شاكوش ديزل (وزن المطرقة فقط)

جدول (ب) بين قيم معامل الارتداد «e»

نوع الخازوق	نوع غطاء رأس الخازوق أثناء الدق	أحادي التشغيل مطرقة ديزل أو مطرقة حرة	ثنائي التشغيل
خازوق خرساني سابق الصب	(أ) خذوة helmet ذات وسادة dolly من البلاستيك أو خشب Green heart مع استخدام حشو على رأس الخازوق .	٠,٤	٠,٥

نوع الخازوق	نوع غطاء رأس الخازوق أثناء الدق	أحادي التشغيل مطرقة ديزل أو مطرقة حرة	ثنائي التشغيل
	ب) خوذة ذات وسادة من خشب صلد وحشو على رأس الخازوق . ج) الدق مباشرة على الخازوق باستخدام وسادة فقط.	٠,٢٥ —	٠,٤ ٠,٥
خازوق حديدي	أ) طربوش دق driving cap ذو وسادة dolly من البلاستيك أو خشب Green heart مع استخدام حشو على رأس الخازوق . ب) طربوش دق مع استخدام وسادة من خشب صلد وحشو على رأس الخازوق . ج) الدق مباشرة على الخازوق باستخدام وسادة فقط .	٠,٥ ٠,٣ —	٠,٥ ٠,٣ ٠,٥
خازوق خشبي	الدق مباشرة على الخازوق	٠,٢٥	٠,٤

متصلة على التوازي مع بعضها وعلى التوالي مع جذع الخازوق .
ويم حل المعادلة التفاضلية من الدرجة الثانية عن طريق الحاسب الآلي باستخدام إحدى الطرق العددية مثل العناصر المحددة Finite elements أو الفروق المحددة Finite differences .

وتعتبر المعادلة الموجية أحسن الطرق الديناميكية ومن أدق الطرق المستخدمة في تحليل خوازيق الدق حيث تستعمل في تحديد القدرة القصوى لتحمل خوازيق الدق وكذلك في تقدير قيمة اختراق خوازيق الدق للتربة أثناء التنفيذ set والنتائج عن دقة واحدة للشاكوش وبالتالي فإنه عن طريق عدة قراءات للاختراق مع قدرة التحمل القصوى المناظرة يمكن رسم ما يسمى ببياني قدرة التحمل . بالإضافة إلى ذلك فإن المعادلة الموجية تستخدم بنجاح وبدقة في تقدير قيم الإجهادات المتولدة في الأجزاء المختلفة من جسم الخازوق أثناء الدق وبالتالي يمكن تحديد قيم إجهادات الضغط والشد القصوى بدقة بما في ذلك المكان الذي يتعرض لأقصى إجهادات بالإضافة إلى وقت حدوثها منذ الدق على رأس الخازوق .

كذلك فإن استخدام المعادلة الموجية يعطي القدرة على الحكم على تلام مجموعة الدق مع الخازوق المنفذ في نوعية معينة من التربة وتدلّ يمكن عن طريق هذه المجموعة الوصول إلى الإضاء والإيمار ١١٥

الشكل التالي رسم توضيحي يبين مساحة مقطع الخازوق الكلية (A) والمساحة الفعلية لمقطع مادة الخازوق (a)

خازوق مغطى بغطاء معدني	خازوق مغطى بغطاء ألمنيوم (H)	خازوق مغطى بغطاء ألمنيوم (H)	خازوق مغطى بغطاء ألمنيوم (H)	خازوق مغطى بغطاء ألمنيوم (H)	خازوق مغطى بغطاء ألمنيوم (H)
مساحة المقطع الكلية overall area	A				
المساحة الفعلية Actual area	a				

رسم توضيحي يبين مساحة مقطع الخازوق الكلية (A) والمساحة الفعلية لمقطع مادة الخازوق (a)

انظر الأشكال أ، ب، ج، د، هـ السابقة

٢- المعادلة الموجية لتحليل بيانات دق الخوازيق :

تعتمد المعادلة الموجية على تحليل انتقال الموجات الطولية في الخازوق أثناء الدق حيث يتم تقسيم كل من مجموعة الدق (الشاكوش - الهامة - الوسادة ... إلخ) والخازوق إلى مجموعة من الكتل المجاورة والزئيركات متصلة مع بعضها على التوالي كما يتم عمل نموذج للتربة من الزئيركات Dash pots

التأثير لتقدير حمل التشغيل .

معادلة رقم (١١)

for $R \leq 0.25 \text{ m}$.

$$Q_{all} = 45 (\pi R^2) + (\bar{N}/3) (2 \pi RL) \dots KN$$

معادلة رقم (١٢)

for $0.25 \leq R < 0.5 \text{ m}$

$$Q_{all} = 90 (Nd) \cdot (\pi R^2) + (2/3) (\bar{N} d) \cdot (2 \pi RL)$$

حيث :

d = قطر الحازوق بالمتر .

ونظراً للأخطاء الكثيرة التي تصاحب إجراء اختبار الاختراق

القياسي في الطيعة فيجب اعتبار القيم المحسوبة من هذه المعادلة قيمة تقديرية .

٢ - اختبار الحزوظ الإستاتيكي :

يتميز هذا الاختبار بعدم وجود العيوب المصاحبة لاختبار الاختراق القياسي إلا أنه يجب مراعاة أن نتائج الحزوظ الإستاتيكي لا تعبر دقيقة في حالة التربة الرملية الكثيفة جداً أو الطيقات الرملية المحتوية على نسبة من الزلط . ويمكن تقدير قدرة تحميل حازوق لإزاحة مرتكز في رمل سائب إلى كثيف أو طمي غير لئلي باستخدام نتائج الحزوظ الإستاتيكي طبقاً للعلاقة التالية :

معادلة (١٣) :

$$Q_{all} = \frac{1}{3} q_c (\pi R^2) + \frac{1}{2} F_c (2 \pi RL) \dots (KN)$$

حيث :

Q_{all} = حمل تشغيل الحازوق (كيلونيوتن) ويتضمن معامل أمان قدره ٣ بالنسبة لمقاومة ارتكاز الحازوق : وقدره ٢ بالنسبة لمقاومة الاحتكاك .

q_c = المقاومة المتوسطة لاختراق الحزوظ الإستاتيكي في مسافة ٦ مرات قطر الحازوق أعلى منسوب الارتكاز و ٣ مرات هذا القطر أسفل منسوب الارتكاز .

F_c = القيمة المتوسطة للاحتكاك الجانبي بطول الحازوق المقاسة باستخدام الحزوظ الإستاتيكي بحيث لا تزيد عن (٥٠ كيلونيوتن / م) (٥٠٠ كجم / سم) في حالة حوازيق التشقيب المنفذة بطريقة الحفر العادية يجب تقليل القيم المحسوبة من المعادلة المذكورة أعلاه إلى النصف .

٣ - اختبار مقياس الضغط Pressuremeter Test :

يمكن استخدام نتائج اختبار مقياس الضغط لتقدير قدرة تحميل الحوازيق . والطريقة المعطاة هنا يمكن استخدامها في حالة إجراء التجربة بجهاز « مينارد » والذي يتم فيه إنزال الجزء

إلى قدرة التحمل المطلوبة أم أن ذلك يحتاج إلى تغير خواص معدات الدق .

وجدير بالذكر أنه يوجد أكثر من برنامج جاهز على الحاسب الآلي لاستخدام المعادلة الموجبة يختلف برنامج إلى آخر في إدخال تفاصيل أكثر بالنسبة لمعدات الدق مثلاً وكفاءة كل من مكوناتها . وفي الآونة الأخيرة فقد أمكن التوصل إلى نماذج محسنة للتربة للاستخدام في المعادلة الموجبة بحيث تكون أكثر تمبيراً عن الخواص الطبيعية والمحصوسة للتربة . حيث كان هذا من العيوب الأساسية الموجودة سابقاً .

سابعاً : استخدام نتائج التجارب الحقلية :

يرجع إلى الاشتراطات العامة للأساسات بدراسة الموقع الجزء الأول فيما يخص التجارب الحقلية من حيث الأجهزة المستخدمة وخطوات إجراء التجارب ومن هذه الطرق اختبار الاختراق القياسي واختبار الحزوظ الإستاتيكي واختبار مقياس الضغط وتعتبر جميع هذه الطرق تقريبية ويتحتم التحقق منها بإجراء تجارب تحميل في الموقع على بعض الحوازيق .

١ - اختبار الاختراق القياسي : Standard Penetration Test (S.P.T) يمكن تقدير قدرة تحميل حازوق لإزاحة (حمل التشغيل) مرتكز في تربة غير متساكنة الحبيبات باستخدام نتائج تجربة الاختراق القياسي طبقاً للعلاقة التالية :

$$Q_{all} = 90 N (\pi R^2) + \bar{N} (2 \pi RL) \dots KN \quad [\text{معادلة رقم ١٠}]$$

حيث :

Q_{all} = حمل تشغيل الحازوق (كيلونيوتن) ويتضمن معامل

أمان قدره (٢,٥) بالنسبة لمقاومة الاحتكاك .

N = القيمة المتوسطة لعدد الدقات في تجربة الاختراق القياسي في طبقة التربة المؤثرة على حمل الارتكاز والممتد لمسافة (2R) أسفل قاعدة الحازوق (6R) أعلا نقطة الارتكاز .

\bar{N} = متوسط عدد الدقات في تجربة الاختراق القياسي على طول الحازوق داخل الطبقة أو الطبقات غير المتساكنة الحبيبات .

R = نصف قطر الحازوق بالمتر .

L = طول اختراق الحازوق للطبقة غير متساكنة الحبيبات .

أما حوازيق الإزاحة المسلوقة ذات القطاع المتغير tapered piles بمعدل أكبر من ١٪ فيمكن زيادة الاحتكاك الجانبي إلى مرة ونصف المعطاة بالعلاقة السابقة .

وفي حالة حوازيق التشقيب العادية التي لا يستخدم فيها ضخ الحرسانة بكامل الطول أو الحقن بالمونة يمكن استخدام المعادلتين

$p_{13}^* =$ الضغط الأقصى الصافي أسفل منسوب التأسيس بمسافة قدرها عرض الأساس .

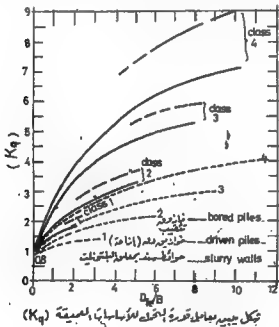
مع الأخذ في الاعتبار أن $p_{13}^* = p_{11} - p_{01}$ حيث :

p_{01} = قيمة الضغط الأفقي الابتدائي الكلي المقاس عند منسوب « i » .

في حالة التربة المتجانسة يؤخذ عمق التأسيس من الأبعاد الهندسية الخاصة بالأساس مباشرة . أما في حالة التربة غير المتجانسة حيث تتغير مقاومة التربة مع العمق . فإنه يجب استخدام عمق مكافئ للأساس D_{fe} يعرف كالآتي :

$$D_{fe} = \frac{1}{p_{1e}^*} \int_0^{D_e} p_{1,z}^* dz$$

ولتحديد قيمة المعامل k_q يتم تصنيف التربة طبقاً لنوعها وقيمة الضغط الأقصى المقاس إلى إحدى المجموعات الأربعة الموضحة في الجدول التالي . ومن ثم يمكن استخدام الشكل التالي لتحديد قيمة هذا المعامل طبقاً لنوع الخازوق المستخدم .



جدول يبين تصنيف التربة Soil classification

الضغط الأقصى الصافي $P_{1e} = P_1 - P_0 \text{ (kN / m}^2\text{)}$	نوع التربة Soil Type	صنف class
صفر - ١٢٠٠	Soft to firm clay	١ طين ضعيف إلى متوسط التماسك
صفر - ٧٠٠	Stiff clay	٢ طين متماسك
١٨٠٠ - ٤٠٠٠	Dense silts	٣ طين كثيف
١٢٠٠ - ٣٠٠٠		

الحساس من الجهاز Probe داخل حفرة حجمها الابتدائي « V_0 » ويتم رفع الضغط على مراحل حتى يتضاعف حجم الحفرة عند ضغط أقصى (p_1) limit pressure انظر Baguelin, et al 1978 ويمكن تقدير مقاومة الارتكاز القصوى لحازوق طبقاً للعلاقة التالية :

معادلة رقم (١٤)

$$q_f - q_0 = k_q (p_1 - p_0)$$

حيث :

q_f = مقاومة الارتكاز القصوى عند طرف ارتكاز الخازوق .
 q_0 = ضغط العبء الكلي على التربة total overburden pressure عند نقطة الارتكاز .

p_1 = الضغط الأقصى limit pressure المقاس عند منسوب نقطة الارتكاز في حالة التربة المتجانسة .

p_0 = الضغط الأفقي الابتدائي الكلي المقاس عند منسوب نقطة الارتكاز .

k_q = معامل مقاومة الارتكاز وهو دالة في نوع التربة والأبعاد الهندسية للخازوق (طوله وقطره) ونوع الخازوق .

وللحصول على مقاومة الارتكاز الآمنة فإنه يمكن استخدام معامل أمان قيمته (٣) للجزء ($p_1 - p_0$) في العلاقة المذكورة . وفي حالة ارتكاز الأساس على تربة غير متجانسة حيث تتغير مقاومتها مع العمق فيجب استخدام قيمة مكافئة للضغط الأقصى الصافي في المعادلة السابقة .

ويمكن تعريف القيمة المكافئة للضغط الأقصى الصافي كما يلي :

$$P_{1e}^* = \sqrt[3]{p_{11}^* \times p_{12}^* \times p_{13}^*}$$

حيث :

p_{11}^* = الضغط الأقصى الصافي المقاس عند منسوب أعلا الأساس بمسافة مساوية لعرض الأساس أو عند سطح الأرض أيهما أقرب .

p_{12}^* = الضغط الأقصى الصافي المقاس عند منسوب التأسيس .

الضغط الأقصى الصافي • $P_{le} = P_1 - P_0 \text{ (kN / m}^2\text{)}$	نوع التربة Soil Type	صنف class
٨٠٠ - ٤٠٠	Loose sand رمل متآلب	٣
٣٠٠٠ - ١٠٠٠	Very low strength rock حجر منخفض المقاومة جداً	
٢٠٠٠ - ١٠٠٠	Sand and gravels رمل وزلط	
٦٠٠٠ - ٣٠٠٠	Low strength rock حجر منخفض المقاومة	٤
	Low dense sand & gravels خليط من رمل وزلط منخفض الكثافة	
٦٠٠٠ - ٣٠٠٠	Rocks of medium to high strenght حجر متوسط إلى عالي المقاومة	
١٠٠٠٠ - ٦٠٠٠		

وتتخذ نتائج اختبار مقياس الضغط إلى حد كبير على درجة جودة تنفيذ الحفرة التي يتم إززال الجزء الحساس من جهاز القياس فيها . ويجب أن يكون استخدام مقياس الضغط وتحليل نتائجه مقصوراً على المتخصصين في ميكانيكا التربة . ويفضل استخدام هذا الجهاز لأنواع التربة التي يصعب استكشافها مثل الرمل والزلط وبعض أنواع الصخور .

وفي بعض الحالات يمكن اللجوء إلى جهاز مقياس الضغط ذى أجهزة الحفر الذاتية Self boring pressuremeter لتقليل تأثير القفلة الناتجة عن الحفر على نتائج الاختبار .

٤ - استخدام اختبارات تحميل الخوازيق :

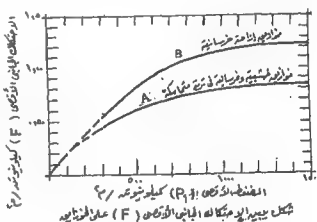
تعتبر هذه التجارب المرجع الأساسي لتقييم سلوك الأساسات الحلزونية الحازوقية مع تحديد قدرة تحملها .

ثامناً : قدرة تحمل مجموعات الخوازيق :

(١) **عموميات :** عند استخدام مجموعة من الخوازيق pile group لتشكيل أساس لحمل معين يستوجب الأمر أن يؤخذ في الاعتبار عند التصميم سلوك كل من مجموعة الخوازيق كمتصل متحد وسلوك الخوازيق كوحلات مستقلة . ومن المعلوم أنه ليس هناك علاقة بسيطة تربط بين سلوك الخوازيق المفرد وسلوك مجموعة من الخوازيق من نفس الطراز وفي نفس التربة ذلك لأن تلك العلاقة تعتمد على عوامل عديدة منها مقياس المجموعة وعدد وأحمال الخوازيق التي تتضمنها وطبيعة تربة التأسيس وترتيب طبقاتها ... الخ .

وتجدر الإشارة إلى أن حجم - وعلى الأخص عمق - المنطقة التي تتلقى جهوداً مؤثرة تحت مجموعة من الخوازيق يتوقف على حجم المجموعة أو على أحمال الخوازيق التي بها وإذا قارنا المنطقة التي تتلقى جهوداً مؤثرة في حالة تحميل خازوق واحد بتحميلها عند تحميل مجموعة من الخوازيق المناظرة ، نجد أن المنطقة المجهد

أما الاحتكاك الجانبي على الخازوق (F) فيمكن تقديره من نتائج اختبار مقياس الضغط طبقاً لقيمة الضغط الأقصى P_1 المقياس (P_1) ونوع الخازوق باستخدام الشكل التالى . طبقاً للقواعد التالية .



(١) في حالة الأساسات العميقة المنغلة في تربة متساكنة يمكن استخدام المنحنى (A) مباشرة للحوازيق الخرسانية والحشبية على أن يؤخذ ٢٥٪ من هذه القيمة في حالة الخوازيق الحديدية . (٢) في حالة الأساسات العميقة المنغلة في تربة غير متساكنة الحبيبات : يستخدم المنحنى (A) لخوازيق الحفر الخرسانية وخوازيق الإزاحة الحديدية على أن يؤخذ ٥٠٪ من هذه القيمة في حالة خوازيق الخفر الحديدية . يستخدم المنحنى (B) لخوازيق الإزاحة الخرسانية على ألا تزيد قيمة الاحتكاك الجانبي في أي حالة على (١٢٠ كيلونيوتن / م) (١٢٠٠ كجم / سم²) .

ويقترح استخدام معامل أمان قدرة (٣) لحساب قيمة المقاومة الارتفاع المسوح بها ومعامل أمان قدرة (٢) لحساب قيمة الاحتكاك الجانبي للمسوح به في حالة اتباع الطريقة المذكورة أعلاه .

الأخيرة أقل منه في الحالة الأولى .

٣ - مجموعات الخوازيق في الصخر :

في حالة مجموعة الخوازيق المنشأة في أو تستند على طبقة صخرية سليمة ذات سمك كبير تكون قدرة تحميل المجموعة توازي حاصل ضرب عدد الخوازيق بالمجموعة في قدرة تحمل الخازوق المفرد باعتباره وحدة مستقلة . ولكن في حالة ميل سطح الصخر أو عند وجود شقوق أو طبقات ضعيفة مائلة داخل الصخر فإنه يجب مراجعة الأمان من حدوث انهيار كلي للمجموعة Block failure ويتم ذلك من واقع الدراسات الجيولوجية والاستكشافية للموقع .

٤ - مجموعات الخوازيق التربة غير متاسكة الحبيبات :

تعمل خوازيق المجموعة كوحدات مستقلة طالما كانت المسافات بين عوار الخوازيق تزيد عن سبعة أمثال القطر للخوازيق وتعمل كمجموعة مشتركة عندما تقل عن ذلك وطالما كانت الطبقة الحاملة للخوازيق لا تتلوهها من أسفل طبقات أضعف منها . وكانت أحمال خوازيق المجموعة كوحدات مستقلة ذات معامل أمان مناسب ضد الانهيار فإن احتمال انهيار المجموعة كوحدة واحدة Block failure أمر غير وارد .

وفي حالة التكوينات الرملية أو الرملية الزلطية السائبة loose deposits قد تزيد قدرة تحمل الخازوق في المجموعة عنه كخازوق مفرد نتيجة لتكثيف التربة إبان دق الخوازيق . ولكن يتسم عدم اعتبار هذه الظاهرة عند التصميم .

وفي حالة تأسيس مجموعة من الخوازيق داخل طبقة كثيفة من التربة غير متاسكة الحبيبات محدودة السمك ، يلجأ في العمق طبقة من تكوينات ضعيفة فإن قدرة تحمل مجموعة الخوازيق تؤخذ مساوية لأقل التجهتين التاليتين « أ » أو « ب » .

(أ) مجموع قدرات تحمل خوازيق المجموعة كوحدات مستقلة .

(ب) قدرة تحمل دعامة piles مساحتها توازي مساحة مقطع خوازيق المجموعة والتربة الواقعة بينها . ويقع منسوب تأسيسها مع منسوب الأطراف السفلية لخوازيق المجموعة آخذين في الاعتبار الهبوط المحتمل لمجموعة الخوازيق .

٥ - مجموعات الخوازيق بالتربة الطينية :

تقدر القدرة القصوى لتحمل الخوازيق Q_{ult} كما يلي كما في الشكل التالي (أ) .

تحت المجموعة تكون أكبر بكثير ذلك لأن تكامل الجهود الناتجة عن كل خازوق من خوازيق المجموعة يرفع من قيمة الإجهادات المتولدة بالتربة ومن ثم من أبعاد المنطقة المجهدة تحت مجموعة الخوازيق .

من المعلوم أن قدرة تحمل مجموعة الخوازيق pile group لا تساوي عادة حاصل جمع قدرات تحمل الخوازيق التي تتضمنها المجموعة باعتبارها وحدات مستقلة ويجب أخذ هذه الخاصية في الاعتبار عند التصميم . ويطلق مسمى كثافة المجموعة "C_g" على النسبة بين قدرة تحمل مجموعة الخوازيق كوحدة واحدة إلى حاصل جمع قدرات تحمل خوازيق المجموعة كوحدات مستقلة لنفس الأطوال وتكوين التربة . كذلك من الضروري عند استخدام مجموعات الخوازيق أن يؤخذ في الاعتبار مقدار الهبوط المتناظر للمجموعة .

٦ - المسافة البينية لخوازيق المجموعة :

يتوقف اختيار المسافات البينية لخوازيق المجموعة على عدة عوامل أهمها التكلفة الإجمالية للأساس . وطبيعة تربة الموقع وسلوك الخوازيق في المجموعة ، وأسلوب تنفيذ الخوازيق بالتثبيت أو بالدق أو بالضغ أو بالبرم ، ويجب أن تكون المسافات البينية كافية لعدم حدوث إزاحة لتربة الموقع ، وأن تسمح بتنفيذ خوازيق المجموعة إلى الطبقة الحاملة دون إضرار ببعضها البعض أو بأى منشأ مجاور .

وعادة لا يقل البعد بين مركزي أى خازوقين عن ثلاثة مرات قطر الخازوق وذلك في حالة خوازيق الاحتكاك . بينما لا يقل هذا البعد عن مرتين ونصف القطر المكافئ ، ويسمح في الحالات الخاصة أن يصل هذا البعد إلى ضعف القطر المكافئ لمقطع الخازوق في حالة الخوازيق التي تعتمد أساساً على جهد الارتكاز . وعند استخدام خوازيق حلزونية screw piles فيبلغ البعد الأدنى بين عوارها مرة ونصف القطر الخارجى للحلزون . وفي حالة استخدام خوازيق ذات نهايات متصصة Enlarged bases فيجب أن يراعى في اختيار أبعاد عوارها احتمال حدوث تأثير متبادل للجهود كنتيجة لتقارب نهايات الخوازيق مع بعضها البعض .

وتجدر الإشارة إلى أنه عندما تحترق مجموعة من خوازيق الاحتكاك طبقة عميقة منتظمة القوام لنقل حمل عدد في نطاق مساحة محددة - فإن استعمال عدد قليل من الخوازيق الطويلة يكون عادة أكثر فاعلية في نقل الحمل حيث الهبوط في الحالة

أسفل نهايات الخوازيق إلى سطح التربة ويكمل ٤ (رأسى) ١
(أبقى) . مع اعتبار الوزن الذاتي للخوازيق مساوياً لكثافة التربة
المكافئة لحجمها ومع اعتبار معامل أمان قدرة ١ .

(ب) حالة التربة الطينية :

يؤخذ الحمل المسموح للشد على المجموعة مساوياً لأقل
القيمتين التاليتين (١) ، (٢) .

(١) مجموعة جهود الانصاق على جلوع خوازيق المجموعة
مقسوماً على معامل الأمان (F.S) .

(٢) قيمة Tall المبينة في المعادلة التالية :

$$T_{all} = \frac{2L(B+A)C}{F.S} + W_p \quad \text{معادلة رقم (١٦)}$$

حيث :

A = طول المسقط الأفقى لمجموعة الخوازيق كما في الشكل
السابق (أ) .

B = عرض المسقط الأفقى لمجموعة الخوازيق .

L = عمق كتلة التربة المبينة أسفل هامة الخوازيق .

C = القيمة المتوسطة تتماسك التربة الواقعة حول الخوازيق
مقدار من تجربة القص تحت مياه ثابتة
« undrained strength » .

w.p = وزن الخوازيق + الهامة « pile cap » + وزن كتلة
التربة المحصورة بين خوازيق المجموعة .

F.S = معامل الأمان يساوى (٢) في حالة الأحمال التي تؤثر
لحظياً ويساوى (٣) في حالة الأحمال التي تؤثر
لفترات طويلة .

هبوط الخوازيق

(١) من الممكن استخدام الأساليب النظرية الواردة في هذا الجزء
لإجراء تقدير تقريبي لقيم هبوط الأساسات الخازوقية . إلا أنه
عادة يفضل الاعتماد على النتائج المستنتجة من تجارب التحميل
على خوازيق لاعتبارها أكثر دقة من هذه الطرق النظرية .

(٢) هبوط الخازوق المفرد :

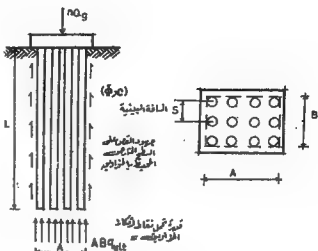
يتم حسابه باعتبار هبوط الخازوق عند طرفه العلوى هو
حاصل جمع ثلاثة مقادير هي :

(أ) الهبوط نتيجة لانفعال جدد الخازوق :

Elastic compression of pile shaft :

تحت إجهادات التحميل وتقدر كما يلى :

$$S_g = \frac{L}{AE_p} (Q_b + \alpha_r Q_r)$$



شكل جيبى نموذجى على مجموعة خوازيق في التربة الطينية
(أ)

$$Q_{ult} = n \cdot Q_o = n \cdot Q_c \quad \text{معادلة رقم (١٥)}$$

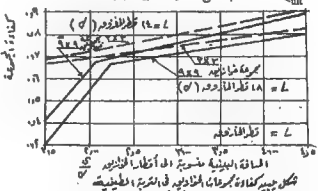
حيث :

n = عدد الخوازيق في المجموعة .

Q_o = الحمل الأقصى الذى يتحملة الخازوق الواحد عندما
يعمل داخل المجموعة .

$$Q_o = G_o \frac{Q_o}{Q_{ult}} \quad \text{وتستنتج من الشكل التالى (ب)}$$

Q_{ult} = تحسب من الصيغة المبينة بالبنء نائلاً .



(ب) - أحمال الشد على مجموعة الخوازيق :

(أ) حالة التربة غير متماسكة الخبيثات :

يؤخذ حمل الشد على المجموعة مساوياً لأقل القيمتين التاليتين
(١) ، (٢) .

(١) مجموعة جهود الاحتكاك على جلوع خوازيق المجموعة
مع عدم تخفيض قيمتها في حالة الخوازيق المسلوقة ومع أخذ
معامل أمان = ٣ .

(٢) الوزن الفعال Effective weight لكثافة التربة الواقعة
داخلها خوازيق المجموعة مع إضافة وزن منشور دائرى يمتد من

حيث :

Q_0 = هو حمل الارتكاز المتقول للتربة عند طرف الخازوق السفلى .

Q_f = هو حمل الاحتكاك المتقول للتربة عن طريق جهود الاحتكاك على سطح جذع الخازوق .

L = طول الخازوق .

A = مساحة مقطع الخازوق .

B_p = معامل المرونة لمادة الخازوق .

α_f = معامل يتوقف على منحنى توزيع جهود الاحتكاك على امتداد طول الخازوق ويؤخذ .

$\alpha = 0.5$ = في حالة التوزيع المتساوي أو التوزيع المناظر للقطع المكافئ .

$\alpha = 0.67$ = في حالة التوزيع المتدرج بدءاً من الصفر من أعلى حتى يصل إلى أبعاضه عند نقطة الارتكاز .

$\alpha = 0.33$ = في حالة التوزيع المتدرج بدءاً من أقصى قيمة من أعلى وحتى الصفر عند نقطة الارتكاز .

ويشترط لاستخدام هذه الصيغة أن تكون إجهادات الخازوق في حدود جهود التشغيل المسموح بها .

(ب) الهبوط نتيجة لانفعال حمل الارتكاز إلى التربة S_{pp} وتقدير كما يلي :

$$S_{pp} = \frac{C_p Q_p}{d \cdot q} \quad \text{حيث :}$$

C_p = معامل يعتمد على نوعية التربة وعلى أسلوب تنفيذ الخازوق (كما في الجدول التالي) .

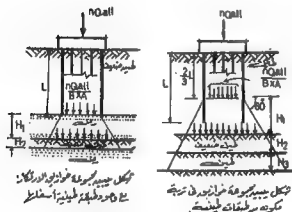
d = قطر الخازوق .

q = الجهد الأقصى لسعة التحميل عند نهاية الخازوق .

Ultimate end bearing capacity .

جدول يبين قيم المعامل C_p لتقدير هبوط الخازوق المفرد

نوع التربة	خوازيق الإزاحة	خوازيق التثبيت
رمال كثيفة إلى سائبة	٠,٠٢ إلى ٠,٠٤	٠,٠٩ إلى ٠,١٨
طين صلب إلى لين	٠,٠٢ إلى ٠,٠٣	٠,٠٣ إلى ٠,٠٦
طيني كثيف إلى سائب	٠,٠٣ إلى ٠,٠٥	٠,٠٩ إلى ٠,١٢



ويشترط أن تكون طبقة الارتكاز الخازوق ممتدة تحت طرف الخازوق لمسافة توازي عشرة أمثال قطره على الأقل وأن تكون الطبقات التي تليها ذات مقاومة تتساوى مع أو تزيد عن مقاومة الطبقات المنشأة بها الخوازيق .

(ج) هبوط الخازوق نتيجة لانفعال حمل الاحتكاك من جذع الخازوق إلى التربة S_{pf} تقدر كما يلي :

$$S_{pf} = \frac{C_f Q_f}{L_0 q}$$

حيث :

L_0 = طول جذع الخازوق المدفون بالتربة .

C_f = معامل ويساوي .

$$C_f = \left(0.93 + 0.16 \frac{L_0}{d} \right) C_p$$

ومن ثم يكون هبوط الخازوق للمفرد S_0 كما يلي :

$$S_0 = S_p + S_{pp} + S_{pf}$$

٣ - هبوط مجموعات الخوازيق المنشأة بتربة غير متجانسة الخبيثات :

يمكن تقدير هبوط مجموعة الخوازيق S_0 في هذه الحالة من الصيغة التالية :

$$S_0 = S_p \sqrt{\frac{n}{d}}$$

حيث إن :

B = المماس الأدنى (الطول الأصغر) لمجموعة الخوازيق بالمسقط الأفقي .

إذا لزم الأمر باستخدام وصلات - بنفس المقاييس السابقة تقريباً - إلى الأسطوانة الأصلية .

d = قطر الحازوق المفرد .
 S_0 = مقدار هبوط الحازوق المفرد مقدرة من الصيغة السابق ذكرها أو المحددة من تجارب التحميل .

٤ - هبوط مجموعات الحوازيق في تربة تحتوي على طبقات مشبعة متناكة الخبيثات :

بحسب انضغاط الطبقات وفقاً للطرق المذكورة بالجزء رقم (٣) من الكود المصرى للأساسات وعادة يفترض أن جهود أحمال الحوازيق ذات الهامات الجاسئة نسبياً تنتشر داخل التربة كما هو مبين بالأشكال السابقة .

أما في حالة الهامات المرنة أو في حالة مجموعة ذات هامات منفصلة فإن جهود الضغط الناشئة عنها تتوزع داخل التربة وفقاً لنظرية توزيع الإجهادات داخل الوسط المرن ومع اعتبار أن حمل المجموعة يؤثر على التربة عند المناسيب بنفس الأشكال . ويلاحظ أن (B) و (A) بالأشكال هي الأبعاد الخارجية لمجموعة الحوازيق بالمسقط الأفقى وأن (B) هو عدد حوازيق المجموعة .

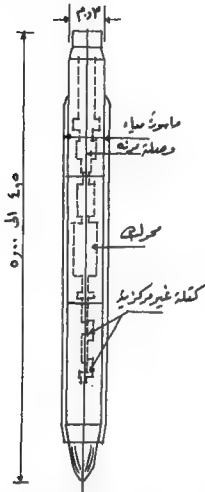
ويحتر هبوط المجموعة مساوياً لانضغاط الطبقات الطينية تحت تأثير الأحمال الميئية بالأشكال السابقة بعد توزيعها .

الأساسات على حوازيق من تربة مدكوكة أو مستبدلة

هذا النوع من الأساسات يدخل ضمن نطاق الطرق المختلفة لتحسين خواص التربة الضعيفة جداً والتي يكون التأسيس السطحي عليها مكلفاً للغاية وهي تعتمد أساساً على ، إما دمك التربة الرملية أو خلط التربة الطينية أو الطميية بالزلط أو كسر الحجر لتحسين خواصها الميكانيكية وذلك عن طريق اسطوانة حديدية رأسية تخترق طبقات التربة الضعيفة حتى أعماق كبيرة وتولد منها اهتزازات ينجم عنها إما دمك عامود من التربة الرملية حولها أثناء سحبها إلى أعلا أو عمل عامود من خلط طميية التربة الطينية أو الطميية الضعيفة والزلط وكسر الحجر اللذان يتم إضافتهما من أعلا أثناء سحب الماسورة إلى أعلا وهذه الطريقة تعرف بـ *vibro compaction* بالنسبة للتربة الرملية و *vibro replacement* بالنسبة للتربة الطينية .

المعدات :

يلزم تنفيذ هذه الطريقة استخدام اسطوانة من الصلب ذات قطر يتراوح بين ٢٠٠ ملمتر و ٤٠٠ ملمتر وبأطوال تتراوح بين ٤,٥٠ متراً و ٥,٠٠ متراً يجب بداخلها كتلة تلجور حول محور الأسطوانة الرأسى وبحيث لا ينطق مركز ثقل الكتلة مع محور الدوران مما ينتج عنه اهتزاز الأسطوانة مع دوران الكتلة كما في الشكل التالى ويلاحظ أنه يمكن زيادة طول أعمدة التربة



رسم تخطيطي للزئاد المستبدل
 في عمليات الدمك

ويبدأ العمل باستخدام هذه الطريقة بتثبيت الأسطوانة في رافعة crane وتنزيلها رأسياً داخل التربة تحت تأثير وزنها وبمساعدة تيار من المياه أو الهواء المضغوط يتم ضخه من أسفل الماسورة وهذا التيار من المياه أو الهواء المضغوط يساعد على سند الحفر .

وعادة تتراوح سرعة الدوران المحرك المستخدم في إحداث الاهتزازات بين ١٨٠٠ و ٣٠٠٠ لفة في الدقيقة وبطاقة تتراوح بين ٣٥ كيلووات و ٥٠ كيلووات ، ويتراوح وزن الأسطوانة بين ٢٧ كيلونيوتن (٢,٧ طن) و ٥٣ كيلونيوتن (٥,٣ طن) .

طريقة التنفيذ :

تنقسم هذه الطريقة طبقاً لنوعية التربة بالموقع إلى نوعين :

عن ذلك فإنه يمكن الوصول إلى كثافة نسبية قد تصل إلى ٩٠٪. أما في حالة وجود طبقات من الرمل الناعم يلاحظ أنه يلزم تقليل المسافة بين نقاط الدمك .

ويلاحظ بصفة عامة أن المدة اللازمة لدمك التربة عند كل مستوى تتراوح بين دقيقتين وخمس دقائق .

الاستبدال الاهتزازي للتربة الطينية :

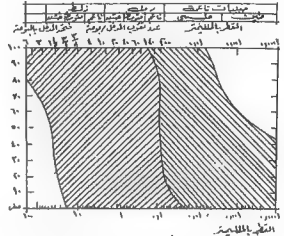
Vibro replacement

تستخدم في هذه الطريقة نفس المعدات المشار إليها أعلاه ويتم تقويض الأسطوانة إلى العمق المطلوب مع ضخ المياه أو الهواء من أسفل . وعادة ما تستخدم المياه في طبقات التربة المشبعة تماماً والهواء للضغوط في التربة المشبعة جزئياً مع ملاحظة أن يكون منسوب المياه المطلوب تكون الأبعاد الناتجة أكبر قليلاً من أبعاد الأسطوانة ، ويتم إضافة كميات من الزلط أو كسر الحجر من أعلا على دفعات بمقادير تتراوح بين ١٠ و ٨٠ ملممتر . مع كل دفعة يتم تنزيل ورفع الأسطوانة المهتزة بهبطه حتى يتم التدخل التام بين الزلط المضاف والتربة بالموقع عند كل منسوب حتى تحصل في النهاية على عمود دائري (غير منتظم المقطع) مكون من خليط من تربة الموقع والزلط المضاف وعادة ما يتراوح قطر هذا العمود بين ٠,٦ متر و ١,٠ متر وذلك طبقاً لنوعية التربة بالموقع وزمن دمك وإزاحة الزلط المضاف (كما في الشكل التالي) أعمدة الحجارة أو الزلط هذه يتم تنفيذها عادة في توزيع منتظم مثلي الشكل أو في مربعات . البعد بين كل عمود وآخر يتراوح بين ١,٠ متر و ٣,٠ متر ، وذلك طبقاً لمتطلبات التصميم من حيث تقليل الهبوط أو زيادة مقاومة التربة .

ويمكن حساب الهبوط المتظر ومقاومة أعمدة الحجر عن طريق دراسة التوازن عمود الحجر تحت تأثير الحمل الرأسى وضغط التربة السلي على جوانبه . وفي حالة توزيع الأحمال على مساحة كبيرة من التربة (حصيرة من الخرسانة) فإنه يمكن تحليل الإجهادات والهبوط عن طريق مشابه لتحليل الخرسانة المسلحة باعتبار أن التربة الأصلية بالموقع لها معامل مرونة يمكن قياسه معملياً والأعمدة الحجرية تجبر بمثابة تسليح للتربة ذات معامل مرونة مختلف يمكن تحديده باختبارات حقلية .

أ) الدمك الاهتزازي : vibro compaction للتربة الرملية :
ب) الاستبدال الاهتزازي (أو أعمدة الحجارة) vibro replacement وذلك في التربة الطينية .

والشكل التالي يبين مجال استخدام كل من هذين البندين في تكوينات التربة المختلفة طبقاً لمقاس حبيبات التربة بالموقع .

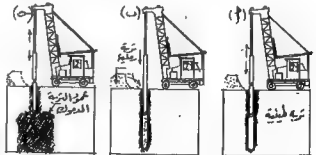


الشكل التالي يبين مجال استخدام الاهتزازي والدمك الاهتزازي

الدمك الاهتزازي في التربة الرملية المفكك :

Vibro compaction

يتم دمك التربة بعد وصول الأسطوانة إلى المنسوب المطلوب عن طريق إضعاف تيار المياه المتدفق من نهايتها والبدء في سحب الأسطوانة إلى أعلا بهبطه بحضبات صغيرة منتظمة للتأكد من تجانس دمك التربة بكامل ارتفاع الطبقة . عادة ما يؤدي استخدام هذه الطريقة إلى خفض حجم التربة الأصل بمقدار ١٠ تقريباً مما يؤدي إلى انخفاض كبير في سطح الأرض بالموقع . ويمكن تلافي ذلك بإضافة تربة رملية من الخارج حول الأسطوانة أثناء رفعها مما يؤدي إلى خلط هذه التربة الجديدة بالتربة الأصلية بالموقع أثناء الدمك كما في الشكل التالي :



شكل يبين عملية الدمك الاهتزازي للتربة الرملية

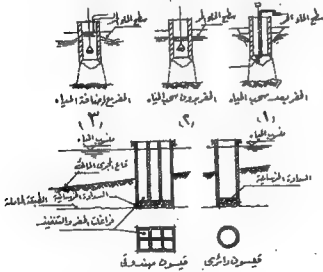
في حالة التربة الرملية جيدة التدرج فإنه يمكن الوصول بها إلى كثافة نسبية تساوي ٧٠٪ باستخدام هذه الطريقة على أبعاد تتراوح بين ٣,٠٠ متر و ٣,٥٠ متر . وفي حالة تقليل المسافات

kentledge وقد يتطلب الأمر استخدام نفاثات مياه عند الحافة القاطعة لتسهيل حركة القيسون لأسفل. ويتم بناء حلقات إضافية أعلا القيسون مع تقدم عملية التفويض حتى تصل الحافة القاطعة إلى منسوب التأسيس المطلوب. وعندئذ يتم صب السدادة الخرسانية أسفل القيسون بصبب الخرسانة خلال مواسير ذات قمع علوي tremic pipe أو أى وسيلة أخرى تضمن عدم انفصال مكونات الخرسانة أو قطاع الخرسانة.

ويفضل استخدام هذا النوع من القيسونات لأعماق لا تتعدى ٢٠ متراً. ويجب التنويه إلى أن عملية الحفر بجوار القاطعة قد تتطلب في بعض الحالات الاستعانة بالحفر الهلوى بواسطة غطاسين. كذلك فقد يتسبب وجود قطع من الصخر في إبطاء عملية الحفر.

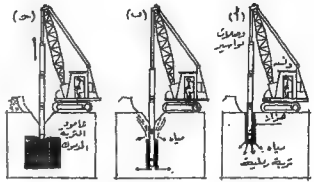
ويلاحظ أنه في كثير من الحالات يصعب تنظيف أو اختيار التربة عند منسوب التأسيس قبل صب خرسانة السدادة. كذلك فإن عملية صب الخرسانة تحت الماء يجعل عملية التأكد من كفاءة السدادة ونوعية خرساتها مهمة صعبة.

شكل يبين حالات مختلفة من القيسونات المفتوحة



قيسونات الهواء المضغوط : Pneumatic caissons

يوضح الشكل التالي أربعة حالات مختلفة لاستخدامات هذا النوع من القيسونات ويلاحظ أن الشكل العام لقيسونات الهواء المضغوط مشابه للقيسونات المفتوحة إلا أن عملية الحفر تتم على الناشف في حجرة خاصة Working chamber في قاع القيسون حيث يتم طرد المياه الأرضية، بالتالي منع ترويب التربة عند منسوب الحفر باستخدام الهواء المضغوط. لذلك فإن كل قيسون هواء مضغوط مزود بهويس هوائي أو أكثر لنقل العمال من وإلى داخل القيسون، وهويس هوائي أو أكثر لنقل المواد والمعدات... إلخ ويجب على العمال البقاء في هذا الهويس فترات



تكملة لبيير يتم تفويض بوضع طلمبات تفويض الدرك والمزاريق المزودة بالزيت

القيسونات

هي أساسات عميقة ذات مقاسات كبيرة تتكون من خلية واحدة أو عدة خلايا أسطوانية أو صندوقية، ذات حوائط من الخرسانة المسلحة أو الصلب أو الحديد الزهر. وتستخدم القيسونات عادة وسط المسطحات المائية، أو تحت منسوب المياه الأرضية لنقل الأحمال الكبيرة من الكباري والمنشآت المشابهة إلى طبقات التربة أو الصخر الصالح للتأسيس. ويبدأ خلايا القيسون كلياً أو جزئياً بالخرسانة بعد الوصول إلى منسوب التأسيس المطلوب.

وعادة يتم عمل جسة أو أكثر في المكان المقترح للقيسون وذلك لتحديد طبقات التربة وخواصها (خاصة مقاومة القص والنفذية) على المناسيب المختلفة، وتعيين منسوب المياه الأرضية واحتمالات تغرقه، وتستخدم هذه البيانات في اختيار الطريقة المثلى للتنفيذ والتنبؤ بأى مشكلات أو معوقات أثناء الحفر والتفويض.

ويمكن تقسيم القيسونات طبقاً لتكوينها الإنشائي وطريقة تنفيذها إلى ثلاثة أنواع:

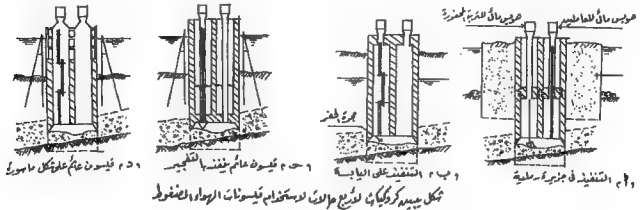
- (١) القيسونات المفتوحة.
- (٢) قيسونات الهواء المضغوط.
- (٣) القيسونات الصندوقية.

وهم اختيار نوع القيسون المناسب طبقاً لنوعية النشأ وطبيعة التربة ومقدار الفارق بين منسوب التأسيس ومنسوب المياه الأرضية.

القيسونات المفتوحة : Open caissons

يوضح الشكل التالي كروكيات لحالات مختلفة من القيسونات، ويلاحظ أن كعب هذه القيسونات يزود عادة بحافة قاطعة cutting edge ويتم الحفر عادة تحت منسوب المياه الأرضية باستخدام الكباشات أو بالتجريف. ويتم التفويض تحت تأثير وزن القيسون فقط أو بتحميله بأوزان إضافية

عدة أثناء عمليات رفع وخفض الضغط & Compression decompression لتلاقي إصابتهم بمرض القيسونات يتكون فقاعات هواء تحت الجلد bends لذلك فإن عدد الساعات المسموح للعمال العمل خلالها بداخل القيسون تتوقف على مقدار ضغط الهواء ، وقد لا تتعدى ساعة واحدة فقط كل ٢٤ ساعة إذا وصل ضغط الهواء إلى (٥٠ رطل على البوصة المربعة) ٣٥٠ كيلونيوتن / م^٢ (٣,٥٠ كجم / سم^٢) كما في الجدول التالي بين عدد ساعات العمل المناسبة للضغط المختلفة داخل القيسون . ويتم تحديد ضغط الهواء بأقل قيمة تكفي لاتزان الثروة ومنع تسرب المياه إلى داخل الحفر .



جدول يبين عدد ساعات العمل داخل قيسونات الهواء المضغوط

عدد ساعات العمل اليومي	قيمة ضغط الهواء	
	رطل / بوصة مربعة	كيلونيوتن / م ^٢
٦٠	حتى ١٥,٥٠	حتى ١٥٥
٤	٢١,٠ - ١٥,٥	٢١٠ - ١٥٥
٣	٢٤,٥ - ٢١,٠	٢٤٥ - ٢١٠
٢	٢٨,٠ - ٢٤,٥	٢٨٠ - ٢٤٥
١	٣١,٥ - ٢٨,٠	٣١٥ - ٢٨٠
١ - ٢	٣٥,٠ - ٣١,٥	٣٥٠ - ٣١٥

وفي حالة التنفيس في اليابسة بعيداً عن الجبائر المائية يستخدم ضغط هواء مساو للضغط الهيدروستاتيكي للمياه الأرضية عند منسوب قاع الحفر على ألا يتعدى هذا الضغط ٥٠ رطل على البوصة المربعة وهو ما يناظر ضغط عمود مياه ارتفاعه حوالي ٣٥ متراً . وعند الوصول إلى منسوب التأسيس المطلوب يتم تنظيف قاعدة القيسون وتصب الخرسانة على الناشف . ويلاحظ أن تنفيذ القيسونات بطريقة الهواء المضغوط عالية التكاليف نظراً لاستخدام ضغط الهواء وتحديد نوعية العمالة على العمل تحت تأثير الهواء المضغوط ، كذلك تحديد عدد ساعات العمل تحت هذه الظروف .

الطريقة التي تم بها تنفيذ القيسونات بالنيل بـ كوبري ٦ أكتوبر :

- معدات تستخدم في إنشاء القيسون :
- عصات متكاملة لضغط الهواء ثابتة وعائمة .
 - محطات لخلط الخرسانة ثابتة وعائمة .
 - طلمبات لنقل الخرسانة من المحطات إلى مواقع الصب .
 - أوناش بحرية وبرية مختلفة الكفاءات .
 - قاطرات ولنشات بحرية لتشغيل المعدات ونقل الأفراد .
 - صنادل عائمة مختلفة الكفاءة .

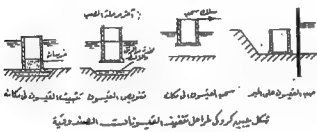
للتأسيس ويصبح أحد الدعامات التي يرتكز عليها الكوبرى .
علماً بأن الخرسانة التي تستعمل يجب أن تتحمل ضغط قدرة
٤٠٠ إلى ٥٠٠ كجم / سم^٢ .

القيسونات الصندوقية :

يستخدم هذا النوع من القيسونات عادة كأساس للمنشآت
المقامة في المسطحات المائية عندما تكون طبقة التربة القوية قريبة
من قاع السطح المائي . كما يوضح الشكل التالي يتم بناء جسم
القيسون على البر من الخرسانة المسلحة أو أى مادة أخرى
مناسبة .

ويُسحب القيسون طافيةً على سطح المياه حتى مكان
التأسيس المقترح وذلك بعد تجهيز التربة عند منسوب التأسيس
بتسويتها ووضع طبقات من الرمل والزلط والتي تحتاج لدمك
تحت سطح المياه ويتم تفريغ القيسون بملفه بالخرسانة أو أى
مادة أخرى مناسبة ويراعى استخدام الاحتياطات اللازمة لحماية
القيسون ضد النحر وتأثير التيارات المائية حوله .

١٠ ٢٠ ٣٠ ٤٠



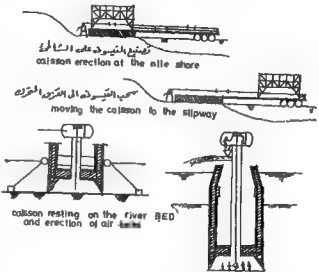
شكل يبين كركر لمرآل تنقيت القيسونات الصناديقية

أسس تصميم القيسونات :

(١) تتوقف مقاومة الاحتكاك الجانبى المطلوب التغلب عليها
أثناء عملية تفريغ القيسونات المفتوحة وذات الهواء المضغوط
على نوع التربة . ويمكن استخدام القيم الموضحة في الجدول
التالى على سبيل الاسترشاد :

نوع التربة	كيلونيوتن / م ^٢	الاحتكاك الجانبى كجم / سم ^٢
طينى وطين ضعيف	٣٠ - ٥٠	٠,٠٥ - ٠,٣٠
طين شديد التماسك	٢٠٠ - ٥٠٠	٠,٥٠ - ٢,٠٠
رمل سائب	٣٥ - ١٠	٠,١٠ - ٠,٣٥
رمل كثيف	٧٠ - ٣٥	٠,٣٥ - ٠,٧٠
زلاط كثيف	١٠٠ - ٥٠	٠,٥٠ - ١,٠٠

هذا بالإضافة إلى الممدات التقليدية مثل المولدات الكهربائية
ومجموعات قطع ولحام الصلب وسيارات نقل الخرسانة وورشة
نجارة . ورشة ميكانيكا وكهرباء وغير ذلك .



المخرجة قاع القيسون من مستوى التأسيس
excavating to the foundation level

وصف القيسون الذى تم في كوبرى ٦ أكوبر وطريقه تشغيله :

القيسون هو الدعامة التي ترتكز عليها جسم الكوبرى وهو
عبارة عن غرفة حديدية مكونة من جبالونات تكسوها من
الخارج والداخل ألواح من الصلب ويتم تصنيع المرحلة الأولى
من القيسون على الشاطئ وإزالة القيسون إلى النيل . ثم عملية
الحفر تحت الماء عملية فنية ودقيقة للغاية ... إنها تبدأ بحسب
القيسون على قرق النيل وسحبها إلى المكان المحدد لإقامة
الدعامة .. وهناك يتم تثبيتها بواسطة عوامات تسمح بالنزول
الرأسى إلى مكانه .

وبعد ذلك يبدأ صب الخرسانة داخل القيسون فيبسط
تدريجياً ، ثم يزداد ارتفاعه بألواح من الصلب يتم لحامها في
موقعه .. ثم تصب كمية أخرى من الخرسانة فيبسط القيسون
ويزداد ارتفاعه مرة أخرى من الخرسانة فيبسط القيسون ويزداد
ارتفاعه مرة أخرى بألواح الصلب وهكذا حتى يصل إلى قاع
النيل .. يتم بعد ذلك تركيب غرفة خاصة لدخول الغواصين
وكذلك مساويير رأسية تسمح بنزولهم إلى قاع النيل لإجراء
عمليات الحفر تحت الهواء المضغوط . والمهدف من ضغط الهواء
هو طرد المياه حتى يتمكن الغواصون من الحفر ، ولأن انبثقت
المياه في غرفة التشغيل ، ومع استمرار عمليات الحفر وزيادة
كمية الخرسانة المصبوبة في جسم القيسون يبط تدريجياً ويزداد
تبعاً لذلك ضغط الهواء حتى يصل القيسون إلى المنسوب النهائى

٥) بحسب الحمل المسموح به للقيسون باستخدام معامل أمان يتراوح بين ٢ - ٣ .

٦) يقدر الهبوط المتوقع حدوثه للقيسون بحوالى نصف مقدار الهبوط الذى يحدث لقاعدة مكافئة جاسئة تركزت على سطح تربة مشابهة في الخواص للتربة الموجودة عند قاعدة ارتكاز القيسون .

الجهاز المعدنى المتحرك للمهندس J.CAMBON

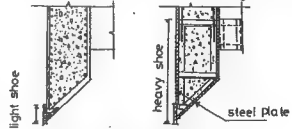
بعد الدمار الشامل الذى لحق برصيف الترسانة البحرية بميناء برست Brest بفرنسا أثناء جلاء القوات الألمانية في الحرب العالمية الثانية بدأت الإدارة العامة للأشغال البحرية بفرنسا في سبتمبر سنة ١٩٤٦ العمل على إعادة هذا الرصيف الجوى على مراحل . نظمت هذه الإدارة مشروع مسابقة لإعادة تشييد هذا الرصيف . وتقدم مختلف المقاولون بحلول ناجحة ومعقولة واختير المشروع للصمم والمقدم من شركتى مقاولات Dumez et Dobin .

وجاءت فكرة المشروع المختار في تنفيذ أساسات إلى منسوب - ١١ متراً . وذلك بالاستعانة بأجهزة متحركة يتركز فوق هذه الأساسات صناديق مغطسة من الخرسانة المسلحة ذات قاع تكون حائط الرصيف . كانت الأجهزة للتحركة كما جاءت في المشروع الابتدائى الذى وقع عليه الاختيار تحمل على سفينتين مربوطتين ببعضهما ببعض بشكل معدنى يعلق عليه الجهاز .

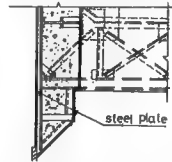
وقد اقترح في ذلك الوقت أنه بدلاً من استعمال الأجهزة للتحركة لتنفيذ الأساسات السابق ذكرها يمكن استعمال الطريقة التى طبقت في ميناء شربورج بفرنسا لإنشاء حوائط الأرصعة بطول ٢٠٠ متر التى نفذت من صناديق من الخرسانة المسلحة أبعاد الواحد منها ٣٣,٣٣ × ١٦,٢٥ × ٦,٢٥ متراً ذات حجرة عمل ومجهزة للتفطيس في المياه العميقة بفعل الهواء المضغوط وسيأتى ذكر هذه الصناديق بالتفصيل فيما بعد ولكن نظراً لصعوبات ظهرت في تطبيق مثل هذه الطريقة صمم مشروعاً تلتخص فكرته في عمل جهاز متحرك قام بتصميمه المهندس J.CAMBON الأشخاص في تشييد الأساسات في الهواء المضغوط ويعمل هذا الجهاز بهواء المضغوط ويمكن أن يطفو من تلقاء نفسه فيعطى مرونة كبيرة في التشغيل مع التقليل ما أمكن في الحيز الذى يشغله وبذلك أمكن الاستغناء عن السفينتين اللصقتين ، وبذلك تبلورت فكرة بناء رصيف ميناء برست بتكوينه بكامل طوله من صناديق من الخرسانة المسلحة ذات قاع تفطس إلى منسوب ١١ إلى ١٢ متراً تحت سطح الماء تركزت على أساس ينفذ مقدماً بالاستعانة بأجهزة معدنية متحركة تعمل بالهواء المضغوط .

إن مخرج الجهاز الحديث بحث في تحسين وتبسيط الأجهزة

٢) يصمم الحد الفاصل لحوائط القيسونات بارتفاع حوالى ثلاثة أمتار في حين يكون ارتفاع حجرة التشغيل في قيسونات الهواء المضغوط حوالى ٢ - ٢,٥ متر . والشكل التالى يوضح أمثلة تفصيلية لحد الفاصل للقيسونات المنشأة في المسطحات المائية أو على اليابسة .



الرافعات لتيكون على اليابسة



الرافعات لتيكون في المياه المائية floating caisson shoe
أمثلة لتشييدهم، والرافعات للقيسونات المنشأة على اليابسة أدنى لسطح المائية

٣) تصمم القيسونات كأساسات عميقة متركزة على طبقات قوية من الصخر أو التربة غير المتاسكة الحبيبات . ويمكن حساب قدرة التحميل القصوى للقيسون المرتكز على الرمل والزلط باستخدام المعادلة التالية :

$$Q_{ult} = P_b \cdot N_{qc} \cdot A_b \quad \text{معادلة رقم (١)}$$

حيث :

P_b = الضغط الرأسى الفعال عند منسوب ارتكاز القيسون .

N_{qc} = معامل قدرة تحمل التربة للقيسونات .

A_b = مساحة المسقط الأفقى لقاعدة ارتكاز القيسون .

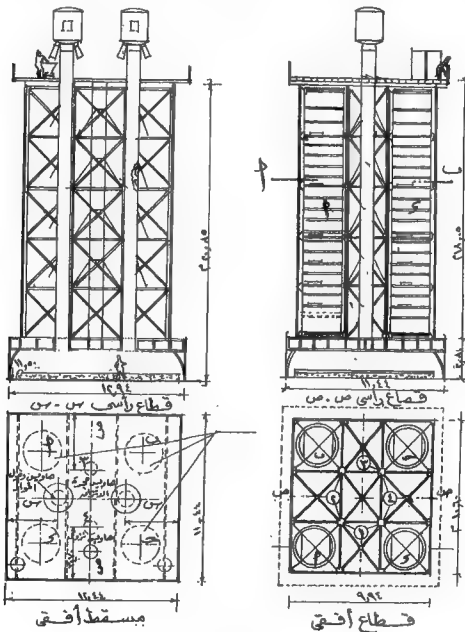
جدول يبين قيمة معامل قدرة تحمل التربة N_{qc} للقيسونات

Φ					
بالدرجات	٢٥	٣٠	٣٥	٤٠	٤٥
N_{qc}	٢٥	٥٠	١٥٠	٤٠٠	٢٠٠٠

٤) تعمل مقاومة الاحتكاك الجانبى النهاى المؤثرة على حوائط القيسونات الخارجية عند حساب قدرة التحمل القصوى نظراً لتقللة التربة بدرجات متفاوتة أثناء عملية التفويص .

التيبات الكامل للجهاز في وضعه النهائي عند التشغيل . بذلك استطاع المخترع باستيفاء هذه الدراسة الوصول إلى جهاز يمكن طفوه سهل تحريكه يعمل فقط بالهواء المضغوط سواء لإزالة أو لرفعه ، أحيطت خزانات الطفو بهيكل معدني تعلوه أرضية يتحرك العمال فوقها . هذه المجموعة تكون وحدة الجهاز الذي يمكن سحبه إلى مكان العمل بدون أدنى صعوبة .
وقبل البدء في وصف الجهاز نذكر أن شركتي المقاولات Dumez et dobin الذين أسند إليهما العمل قد كلّفا ورشة fives lille للأشغال المعدنية بتنفيذ هذا الجهاز .

المتحركة القديمة فقد أدخل استعمال الهواء المضغوط لتفريغ الخزانات كما جهزت هذه الخزانات من أعلى بمواسير وصول الهواء المضغوط كما زودت بمحابس كبيرة لخروج الماء من أسفل . بفتح هذه المحابس وإدخال الهواء المضغوط من أعلى فإنه يمكننا بسرعة طرد الماء طرداً كاملاً فيصعد الجهاز أوتوماتيكياً بدون الاستعانة بأي نوع من المضخات . كما أن الجهاز مزود بمجرة انتران موضوعة فوق سقف حجرة العمل . كما درست بكل عناية ودقة أماكن دخول وخروج الهواء وذلك للحصول على الإنتران الكامل أثناء طفو الجهاز في مختلف مراحلها وقد درس



شكل مبين المخطط الهندسي في المخطط للمهندس
١- هاديس حجر المدخل - ٢- هاديس حجر المدخل
٣- هاديس حجر المدخل - ٤- هاديس حجر المدخل

مشروع نافورة النيل

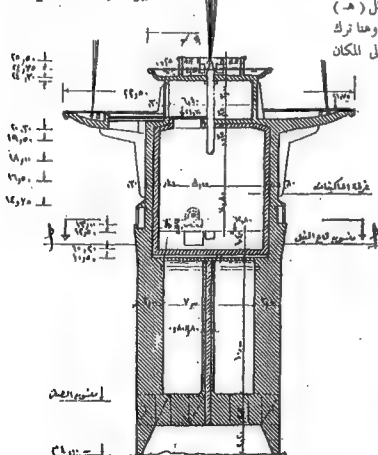
المرحلة الثانية :

بدأت الفكرة المعمارية بإنشاء محطة طلببات في الجزيرة تضغط المياه في ماسورة وسط النيل إلى ارتفاع ١٠٠ متر . وبعد الدراسة عملت نافورات صغيرة تحيط بالنافورة الأصلية كما عملت قاعدة لهذه النافورات تعطيلها منظرًا جميلًا ثم تطورت الفكرة إلى وضع الطلببات في غرفة تامة العزل في القاعدة تحت النافورة .

فجاعت النافورة على هيئة طبقين : الأول عند منسوب + ٢٤ متر تخرج من وسط النافورة الأصلية بارتفاع ١٠٠ متر بها ١٦ كشاف كهربائي ويقيض الماء من هذا الطبق إلى الطبق الثاني أسفله عند منسوب + ٢٠,٣٠ متر بقطر ٢٢ متر تخرج منه ٣٢ نافورة مائلة تجاه النافورة الأصلية بضيئها ٣٢ كشاف كهربائي كما أن هذا الطبق مزود بأربعة وستون ماسورة موزعة على الكورنيشة المحيطة ليخرج منها جميعها الفائض على هيئة ستارة مائية محيطة بجسم النافورة تضيئها ستة عشر كشاف كهربائي وفي الوقت نفسه تعمل على تجليد المراكب من الاقتراب .

قسطاع المسموح

قطاع جيبية تقاطع على نافورة النيل



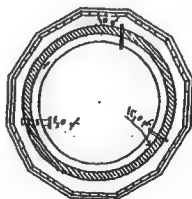
أن الشكل (ج ، د) يعطى فكرة عن حالة الجهاز فوق القاعدة ففي الشكل (ج) نجد الجهاز عاتماً أثناء حركة المد للبحر كما أن خزانات المياه لازالت فارغة . ثم بدأ في وضع أثقال حديدية في الخزانات .

أما الشكل (د) فنجده الجهاز غاطساً والخزانات مملوءة بالماء ، سمح هذا الوضع باستكمال تنفيذ الجهاز كما توضحه الخطوط المنقطعة بالشكل .

أما الشكلان (س ، ص) فيبينان مراحل العمل على طفو الجهاز ، ففي الشكل (س) نلاحظ الإدخال الجزئي للهواء المضغوط في خزانات الطفو وفي حجرة الأتزان ، والشكل (ص) يبين الجهاز عندما اكتمل وبدأ يطفو .

الشكلين (ل ، م) يبينان وضع الجهاز أثناء التفتيش ، فالشكل (ل) يبين الجهاز وهو ما يزال يطفو بالاستعانة بالهواء المضغوط بالخزانات . وفي الشكل (م) نجد أن عملية التفتيش قد انتهت وأدخل الهواء المضغوط في حجرة العمل .

الشكلين (ن ، هـ) يبينان عمليتي رفع وانتقال الجهاز . ففي الشكل (ن) نرى إدخال الهواء المضغوط في الخزانات وحجرة العمل مملوءة بالماء والجهاز مستعد لل صعود . وفي الشكل (هـ) نجد الجهاز مرفوعاً بفعل مد البحر إلى منسوب + ٢٦ وهنا ترك الجهاز الأساس المنتهى العمل منه ومعد للسحب إلى المكان الجديد للعمل .



قسطاع المسموح

أساس النافورة :

- (٣) بلغت كمية حديد التسليح المستعمل حوالي ٧٧ طن منها ٢٨ طن لكوابيل الطبق الكبير .
- (٤) كانت نسبة الأسمنت تتراوح بين ٣٠٠ ، ٤٠٠ كيلو جرام للمتر المكعب خرسانة .
- (٥) تم تنفيذ الصندوق المفقود للكون لأساس النافورة حتى منسوب + ١٩,٨٥ متر في مدة شهرين من يونيو إلى أغسطس ١٩٥٦م .
- (٦) تم تنفيذ الجزء العلوى بعد فيضان سنة ١٩٥٦ من ١٥ أكتوبر حتى ٣١ ديسمبر سنة ١٩٥٦ .

الدعام

الدعام إحدى أنواع الأساسات العميقة القادرة على نقل أحمال الضغط كبيرة القيمة والمركزة ويمكن تصميمها وتنفيذها لتصبح قادرة على مقاومة القوى الأفقية والأحمال الرأسية غير المركزية . وتعمل الدعام مرحلة متوسطة بين خوازيق التثبيت والقيسونات ، فتعامل معاملة خوازيق التثبيت إذ قل قطرها المكافئ عن ١,٥٠ متر ، وتختلف الدعام عن القيسونات في طريقة تنفيذها ، فنفذ الدعام بالحفر وسند الجوانب إذا لزم الأمر . وعادة يسمح اتساع قطر الدعام بوضع المواد عليها مباشرة دون استخدام حامة *cap* فوقها .

يتم إنشاء الدعام بعمل ثقب في الأرض يصل إلى الطبقة الحاملة بوسائل الحفر اليدوى أو الميكانيكى . وقد يتم توسيع قاعدة الثقب عند الوصول إلى الطبقة الحاملة إلى حوالى ثلاثة أمثال قطر الدعام *pier with enlarged base* وذلك بهدف رفع كفاءة التحميل للدعام أو لتقليل جهود التماس على الطبقة الحاملة . بعد التأكد من نظافة الثقب والقاع بملأ فراغ الثقب بالخرسانة العادية ، وقد يتم تسليحها بالكامل أو تسليح الجزء العلوى منها أو بوضع قطاع من الصلب داخل عرسانتها ، حسب ظروف التربة المحيطة وطبيعة الأحمال المنقولة ومتطلبات المنشأ وظروف الإنشاء .

عندما يكون هناك احتمالات قوية لحدوث انحرافات أو تداخلات من جوانب الحفر ، أو رشح داخل فراغ الدعام ، فإنه يكون من الضروري سند جوانب الحفر بخلاف دائم أو مؤقت أو باستخدام وسائل الحفر .

أنواع الدعام :

يمكن إنشاء الدعام في اليابسة أو في وسط مائى .

(١) دعام في اليابسة :

(أ) دعام منشأة بالحفر اليدوى :

قد تسند فيها جوانب الحفر بأشواك من الخشب (طريقة شيكاغو - *chicago method*) ولا يقل القطر فيها عن حوالى

١٢م لإنشاء والإمبار

وكان من الطبيعي أن ينفذ أساس هذه النافورة بطريقة الصندوق الثابت أو المفقود وقد أسس هذا الصندوق على منسوب - ٤,٠٠ متر تحت سطح الماء مع العلم أن منسوب قاع النيل في هذه المنطقة هو + ١١,٥٠ متر كما هو موضح بالشكل السابق والصندوق مكون من ١٢ ضلعا طول كل ضلع ٢,٩٥ متر وقطر الدائرة للممارسة لأضلاعه من الداخل ١١,٠ متر :

غرفة الظلمبات :

يقطر ٨ متر من الداخل موجودة أسفل النافورة . كان من اللازم أن تكون حوائط هذه الغرفة غير نافذة للماء ولذا اتبع الآتى :

- (أ) عملت جميع فواصل الألواح الصباح بالحمام .
- (ب) عمل الحائط الخرسائى على شكل حائطين بينهما طبقة عازلة . فالحائط الخارجى الذى صب أولاً وسمكه ٦٥ سم صب بخرسانة مكونة من ٣٥٠ كيلو جرام أسمنت ، ٠,٨ م^٣ زلط متدرج تماماً ، ٤م^٣ رمل مع استعمال الخلط والمزاج الميكانيكيين ، وكانت الفواصل الأفقية تنظف تماماً قبل الرمي كما استعمل بها ألواح نحاس رأسية .

أما الطبقة العازلة فتكونت من أربعة طبقات من ألواح يتيومية وذلك في الجزء الألفى عند منسوب + ١٠,٤٠ متر وحتى منسوب + ١٤,٠٠ متر ثم أصبحت ثلاث طبقات حتى منسوب + ١٨,٠٠ متر ثم طبقتين حتى أعلى منسوب وفوق سقف غرفة الماكينات وكانت تعمل طبقة دهان قبل وضع أى طبقة جديدة . أما الحائط الداخلى قسمه ٣٥ سم صب بنفس نسبة الأسمنت بالحائط الخارجى .

(جـ) نفذت أرضية الغرفة من طبقتين من الخرسانة المسلحة السفلية وسمكها ٦٠ سم عليها أن تقاوم ضغط الماء من أسفل والماكينات وقواعدها من أعلى . والطبقة الثانية وهى عبارة عن قواعد للماكينات بها مجارى لتصريف مياه التبريد قد استعمل في خلط الخرسانة ابتداء من غرفة الظلمبات مادة البارابلاست السائلة *liquid barroplast* وذلك لزيادة مقاومة نفاذ الماء كما استعمل في خلط المونة التى غطيت بها الطيقان الكونكرات للنافورة مادة السلفوريسيت *sulforisit* وذلك للحصول على سطح صلب يتحمل صدمات نزول الماء .

إحصائيات :

- (١) بلغت كمية الحديد وكذا الألواح الصباح المستعملة في الصندوق المفقود للكون لأساس النافورة حوالى ٦٨ طن .
- (٢) بلغت كمية الخرسانة العادية والمسلحة ١٨٨٠م^٣ .

أو البحر مع تنفيذ المراحل الأولى للسند تحت الماء . يعقب ذلك تخفيض منسوب المياه داخل الحاجز ، ثم الحفر واستكمال مراحل السند مع تقدم الحفر حتى بلوغ الطبقة الحاملة في وسط جاف تماماً .

يتم تنفيذ أساس الدعامة وحسمها مع المحافظة على جفاف الموقع أثناء التنفيذ كما في الشكل التالي .

ب) إنشاء الدعامة بالحفر تحت الماء :

— يتم دق الحاجز حتى بلوغ الطبقة الحاملة وتنفيذ جميع أعمال الحفر والسند تحت الماء .

— يتم سد القاع بصب فرشاة خرسانية tremiemat تحت الماء ذات وزن كاف لمقاومة الدفع الهيدروستاتيكي إلى أعلا .

يتم ضخ الماء من داخل الحاجز ثم تنفيذ الدعامة في وسط جاف كما في الشكل التالي .

هذا النوع من التأسيس أكثر اقتصاداً من القيسونات إذا كان عمق التأسيس أقل من حوالي ١٢,٠٠ متر تحت الماء . ولكن من عيوبه احتياجه لتنفيذ برنامج لسحب الماء باستمرار أثناء فترة الإنشاء أو تنفيذ فرشاة خرسانية ذات وزن كاف لمقاومة ضغط الرشح إلى أعلا .

٩,٠ متر أو يتم سند جوانب الحفر بأجزاء أسطوانية من الصلب تكون في النهاية شكلاً تلسكوبياً للدعامة (طريقة جاو Gow) method .

ويقل قطر كل جزء عن الجزء الذي يطويه بحوالي ٥٠ سم على ألا يقل أصغر قطر عن حوالي ١,٢٠ متر . وفي حالة احتراق تربة ضعيفة أو متناهلة ، يتم دق الغلاف قبل تفريغ التيب .
ب) دعائم منشأة بالحفر الميكانيكي :

يتم الحفر باستخدام معدات الحفر المختلفة مثل البرعة auger أو الكباش bucket أو أطراف التفتيت chopping bits أو كباش التفتيت chopping bucket تستعمل معدات التفتيت للطبقات الصلبة أو المحتوية على أحجار أو زلط كبير ، كما تستعمل آلة بنتو Bomoto machine للحفر في الأحوال الصعبة أو الشاقة .

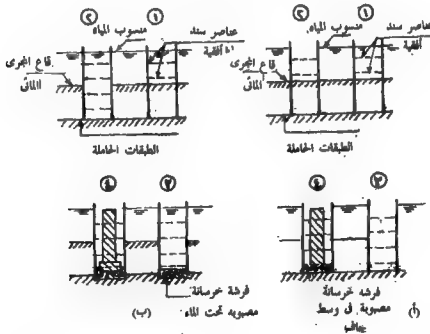
٢) دعائم في وسط مائي (دعائم الكباري والمنشآت البحرية) :

يتم إنشاءها في الجرى المائي أو البحر داخل حواجز cofferdams بإحدى الطريقتين التاليتين :

أ) إنشاء الدعامة بالحفر في وسط جاف :

— يتم دق الحاجز حتى بلوغ الطبقة الحاملة أسفل قاع النهر

رسم يبين مراحل تنفيذ دعائم الكباري والمنشآت البحرية



٣) قدرة التحمل للدعامة :

أو صخر . وقد تمثل مقاومة الاحتكاك على الجوانب جانباً هاماً في بعض الحالات . كما يجب مراعاة تأثير الاحتكاك السلبي على الجوانب على قدرة تحمل الدعامة عندما تسبب الظروف المحيطة

تستعمل الدعامة قدرتها على الحمل أساساً من مقاومة الارتكاز عند قاعدتها عندما تركز على أو في رمل كثيف ، رمل وزلط ،

(٦) يجب التأكد من نظافة قاع الحفر قبل صب الخرسانة .
 (٧) في حالة اللجوء إلى الدعائم ذات القواعد المتسعة يجب مراعاة استمرارية الصب بين القاعدة وجسم الدعامة وعدم السماح بتكون فاصل بينهما .

(٨) يجب دراسة احتمالات حدوث هبوط للمنشآت المجاورة نتيجة لتسرب التربة بسبب التبايل أو سحب المياه . وإذا كان ذلك الهبوط يسبب عطفورة يجب اتباع أسلوب آخر للتأسيس .
 (٩) تبرز الخرسانة لتكثيفها في الثلاثة أمتار العلوية من الدعامة .

(١٠) يجب التأكد عند صب الخرسانة من عدم حدوث انفصال لمكونات الخرسانة وعدم حدوث تكهفات أو اختناقات في جسم الدعامة .

(١١) في حالة التسايب أو رشع المياه بكميات كبيرة يسمح للماء بالانسياب داخل القالب حتى يصل إلى منسوب الأثران static level ثم تصب الخرسانة داخل ماسورة ذات قمع tremie pipe يتم انزالها حتى قاع القالب . وفي هذه الحالة يجب أن يظل سطح الخرسانة أهلاً من قاع القمع بما لا يقل عن ١,٥ متر .

(١٢) يجب أن تكون الخرسانة المستعملة في صب الدعامة ذات slump = ١٢٥ - ١٧٥ ملمتر .
 (١٣) احتياطات الأمان :

بالإضافة إلى جميع الاحتياطات الأمان الخاصة بأعمال التنفيذ يجب حماية العمال ضد عطر التهايلات والانهارات بالعناية بسند جوانب الحفر . كذلك حمايتهم ضد أخطار تفجر جيوب الغاز التي تؤدي إلى الاختناق أو حدوث حرائق . وتقل عطفورة الاختناق إذا استعمل الهواء المضغوط في إدارة الحفر اليدوي . كذلك يجب اتخاذ احتياطات الأمان الخاصة بالعمل داخل الأنهار والبحار في حالة تنفيذ دعائم الكباري كما يجب تزويد الموقع بكمادات الطوارئ إذا كان الموقع خارج المدينة .

تولده . وعموماً يجب أخذ عينات من التربة مع تقدم حفر الدعامة وحتى منسوب قاع الدعامة للتأكد من الوصول إلى طبقة الارتكاز المطلوبة . كما يجب ألا يقل معامل الأمان بالنسبة لقدرة تحمل الدعامة عن ٣ .

ومن ذلك فإن قيم الهبوط المسموح به للدعامة يعتبر العامل الحاكم للتصميم وليست قدرة التحمل ، أما في حالة التأسيس على سطح الصخر أو بداخل طبقة صخرية فيستخرج عينات لينة من الصخر cores وتجرى ويجب ألا يتعدى الجهد المسموح به

$$\frac{1}{5} - \frac{1}{8} \text{ مقاومة الضغط غير المحاط للصخر وفقاً لدرجة التأكد}$$

من وجود سلامة الطبقة الصخرية . وعند اختراق الدعامة للطبقة الصخرية تضاف مقاومة الاحتكاك لهذا الجزء إلى مقاومة الارتكاز وتقدر بقيمة التماسك بين الخرسانة والصخر وتقدر بحوالي (0.06 - 0.35) F_{cm} حيث F_{cm} تساوى جهد الكسر لمكعب الخرسانة القياسي .

يراهي في تصميم وتنفيذ الدعائم ما يلي :

(١) تصميم الدعامة كعمود قصير .
 (٢) في جميع الأحوال يجب تسليح الجزء العلوي من الدعامة بتسليح رأسي بطول لا يقل عن ٦,٠٠ متر وبما لا يقل عن ٠,٥٪ من مساحة مقطع الدعامة . كما يجب مد التسليح بكامل سمك الطبقات الضعيفة إن وجدت .

(٣) في حالة وضع الأعمدة مباشرة على الدعائم مع الاستغناء عن الهامة يجب تزويدها بشبكة حديد ألقى قادرة على مقاومة ما لا يقل عن ١٠٪ من الحمل الرأسي لمقاومة قوى الشد الأفقية .

(٤) عند حساب قدرة تحمل قطاع الدعامة ذات الغلاف الدائم يخفض الغلاف بالتقدير المحتمل فقدته بالتآكل (حوالى ٣ ملمتر) .

(٥) لا يسمح بتحويل في محور الدعامة عن مكانه التصميمي بما يزيد عن ٧٥ ملمتر . ولا يميل يزيد عن ١٪ مع أخذ هذا السماح في الاعتبار عند التصميم :

الجزء
الثالث

الحواشي الساندة

مقدمة

الحوائط الساندة

الجزء الثالث

الحوائط الساندة

الحوائط الساندة هي منشآت تستعمل لسند الأتربة أو الحبوب أو الماء وهي تعمل لتوفير الاتزان للتربة أو المواد الأخرى حيث لا تسمح الحالة بتوفير الاتزان بيمول طبيعية أو صناعية .

وتصنف هذه الحوائط إلى نوعين :

الأول : يعتمد على المقاومة الجانبية لحركة الحائط عن طريق ضغط التربة السليبي $passive\ pressure$ لمنع حركة الحائط وتوفير الاتزان الكلي للميل .

والثاني : يعتمد على الأوزان الرئيسية التي تعمل على تكوين الاحتكاك عند القاعدة وعلى جعل المحصلة للقوى تقع في الثلث الأوسط أو في ربع القاعدة ، وذلك النوع هو الذي نقوم بدراسته في هذا الجزء ويحتوي على ثلاثة أبواب :

الباب الأول : ويشمل استكشاف الموقع واعتبارات تنفيذية وفواصل الإنشاء ، وتحتوي على المسافة بين الجسات وأعناقها ، التجارب الحقلية والمعملية وأنواع الانهيارات الشائعة للحوائط ، معاملات الاحتكاك القصوى للمواد المختلفة ... إلخ .

الباب الثاني : اعتبارات هامة عند التصميم والضغوط وتصميم الحوائط المبنية من الطوب وهي تعريف للحوائط الساندة ، والضغوط والأسس اللازمة لتصميم الحوائط الساندة وحل عدة أمثلة للحوائط المبنية من الطوب التي لم يفرض لها أبعاد للقاعدة ، وحل طريقة تصميم الأساسات لهذه الحوائط من خرسانة عادية ، وخرسانة مسلحة ، خوازيق خشبية وخوازيق خرسانة عادية (خوازيق استراوس) .

الباب الثالث : تصميم الحوائط الساندة من الخرسانة العادية والمسلحة التي تعمل ككابولي ، والتي تعمل بدعامات ، وتتحصر في الآتي :

أ - الحوائط الساندة من الخرسانة العادية والتي فرض لها أبعاد للقاعدة تقريبية ثم يتم عمل $check$ على هذا الحائط لاستنتاج هل الأبعاد التي فرضت تفي أم يعاد فرض أبعاد أخرى تفي بالإجهادات المطلوبة .

ب - الحوائط الساندة من الخرسانة المسلحة التي تعمل كحائط كابولي وهي عبارة عن بلاطة رأسية مرتبطة مليئياً بقاعدة عبارة عن بلاطة أفقية ، وعند تصميم السلاح استعمل طريقة تقريبية مأمونة لإظهار قوى العزوم وقوى القص .

ج - الحوائط الساندة من الخرسانة ذات الدعامات (Butresses) وهي عبارة عن بلاطة رأسية أو مائلة ترتبط مع القاعدة ذات البلاطة الأفقية بواسطة سندات أمامية أو خلفية ترتبط مع السلاح والقاعدة مليئياً ، وقد استعملت نفس الطريقة التقريبية لتصميم الحائط .

وعلى العموم تم حل أربعة عشر نموذجاً لجميع الأنواع السابقة مع شرح وتحليل لكل نموذج ، والأسس التي بنى عليها التصميم . أما عن النظريات فقد استعملت نظرية (رانكين) في جميع الحلول لهذه الأمثلة .

استكشاف المواقع وتجارب الحقلية

الباب الأول

أولاً: أعمال استكشاف الموقع والتجارب الحقلية

والمعملية :

تتمين معاملات القص للتربة الطينية في المعمل بواسطة جهاز الضغط ذو الثلاث محاور أو جهاز صندوق القص المباشر . ويمكن تعيين مقاومة التماسك (C_u) للتربة الطينية المشبعة باستعمال جهاز الضغط غير المحصور .

تتمين (C_u) للتربة الطينية المشبعة في الموقع من اختبار تحميل اللوح المرتكز عند سطح الأرض أو من اختبار القص المروحي أو من اختبار الاختراق بالخرطوم الإستاتيكي أو باستخدام جهاز ضغط التربة الأرضي (Pressure meter) .

ويلاحظ عموماً أن قيم (C_u) تتغير مع العمق حتى في حالة الطبقات التي تبدو متجانسة للملك تجرى التجارب على عينات مختلفة على أعماق مختلفة وترسم العلاقة بين (C_u) والعمق وتؤخذ القيم المتوسطة .

ويجب عند تعيين إجهاد التماسك في حالة التربة الطينية الأخذ في الاعتبار أقل قيمة متوقعة ممكن حدوثها خلال العمر الافتراضي للمنشأ .

(٣) معاملات الأمان في اختبار القيم التصميمية لخصائص التربة .

يجب أن تخفض قيم معاملات القص C_u أو \bar{C} أو $\bar{\phi}$ التي تتمين من تجارب معمليه أو حقلية لتصبح (C_{um} ، \bar{C}_m ، $\bar{\phi}_m$) بمعاملات أمان F_c ، F_ϕ بحيث تكون كما يلي :

$$\left. \begin{aligned} C_{um} &= \frac{C_u}{F_c} = \frac{C_u}{1.3} \\ C_m &= \frac{C}{F_c} = \frac{C}{1.3} \\ \tan \bar{\phi}_m &= \frac{\tan \bar{\phi}}{F_\phi} = \frac{\tan \bar{\phi}}{1.1} \end{aligned} \right\} \text{معادلة رقم (١)}$$

ثانياً : اعتبارات تنفيذية :

(١) الردم خلف الحوائط : الردم الخلفي هو التربة التي توضع خلف الحائط السائد بعد الإنشاء تملأ الفراغ بين الحوائط والأرض الطبيعية . ويحتر وضع طبقة تصريف المياه بها ذو أهمية قصوى .

المسافة بين الجسات وأعمالها :

عند البدء في أعمال استكشاف الموقع يتعين تحديد عمق الجسات والمسافة بينها بصورة نهائية وعلى هذا يجب اتباع المقترحات الآتية أثناء تنفيذ برنامج استكشاف التربة على أن تتم مراجعة هذا البرنامج وتعديله أثناء تنفيذه .

يجب ألا يقل عمق الجسات عما يلي :

(أ) منسوب أى مادة عضوية أو ردم أو طبقة قابلة للانضغاط .

(ب) عمق مستويات الانزلاق المحتمل حدوثها .

(ج) ضعف عرض قاعدة أساس الحائط .

إذا كان من المقترح التأسيس على خوازيق يجب أن يصل عمق الجسات إلى أسفل الطبقة الحاملة للخوازيق . يوضح الجدول التالي قيم مبدئية لعدد الجسات والمسافات بينها .

جدول يبين قيم مبدئية للمسافة بين الجسات وحدودها للساكنات (متر)			
نوع المبنى	أرض صلبة	أرض حصى الخشن	أرض ذو طبقة
أعمال فكريات مخطط مساحي	٣٠٠ - ٤٠٠	٢٠٠ - ٣٠٠	٢٠ - ٣٠
	١	١	١

التجارب الحقلية والمعملية :

يجب تحديد قيم وزن وحدة الهجوم (γ) والتماسك (C) وزاوية الاحتكاك (ϕ) من تجارب معمليه على عينات ممثلة لحالة التربة خلف الحائط بعد الإنشاء .

من المفضل تحديد هذه القيم قبل التصميم . وإذا لم يتم تحديدها قبل التصميم فيجب اختيار نوع الردم الخلفي وطريقة وضعه لتحقيق الافتراضات التي أخذت عند التصميم .

تتمين زاوية الاحتكاك (ϕ) للتربة الرملية باستخدام جهاز صندوق القص المباشر . إذا استخدم جهاز القص ذو الثلاث محاور فيجب زيادة زاوية الاحتكاك (ϕ) بمقدار ١٠٪ لحالة التربة الرملية الكثيفة أو المتوسطة الكثافة . أما في حالة التربة

المواد المستخدمة : الردم المثالي يجب أن يكون ذا نفاذية عالية وإذا معاملات قص عالية تحت الظروف المحتمل تعرض المنشأ لها . بحيث لا يسبب ضغطاً كبيرة على الحائط - يفضل استخدام كسر الحجارة ذات الأحجام المتدرجة أو الرلط أو الرمل . ولا يفضل استخدام التربة الطينية التي يمكن أن تتعرض لظروف موسمية تؤدي إلى حدوث انتفاخ أو انكماش بها أو ضعف في مقاومتها . كما يجب تجنب استخدام المواد العضوية في الردم .

في اختيار الردم الخلفي : يجب استخدام المواد المتاحة في الموقع أولاً إذا كانت مناسبة . أما إذا لم تكن ملائمة فستعتمد وتستخدم مواد موروثة مناسبة .

إذا صممت الكبارى على أكتافها مثبتة من أعلى فيجب عدم وضع الردم الخلفي إلا بعد الانتهاء من صب الجزء العلوي من الكوبرى .

كما يجب وضع الردم الخلفي على ارتفاعات متساوية لكل الأكتاف في نفس الوقت إلا إذا صممت الأكتاف على إجهادات إضافية نتيجة الردم غير المتأثل . عند وضع الردم الخلفي خلف الساتر اللوحية يجب عدم تثبيت الشدادات حتى يتم انضغاط الردم لتجنب انحناء الشدادات ومن الممكن تحسين خصائص الردم الخلفي بتثبيته أو بوضع شرائط تسليح داخله .

قياس درجة الدمك : يلزم دمك الردم الخلفي جيداً أثناء وضعه ويجب التأكد من درجة الدمك وبخصوصاً بالقرب من الحائط الساند بعمل الاختبارات الحقلية اللازمة .

وضع الردم الخلفي : إذا استخدمت المنذلة اليدوية في الدمك فيجب وضع الردم على طبقات لا يزيد سمكها عن ١٥ سم قبل الدمك ، ١٠ سم بعد الدمك . أما إذا استخدمت منذلة ميكانيكية فيجب ألا يزيد سمك كل طبقة عن قطر المنذلة ويفضل دمك الردم الخلفي يدوياً بجانب المرباط الخلفية ومواسير الصرف .

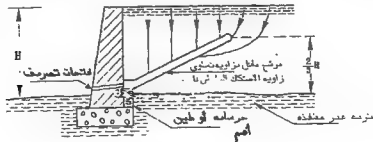
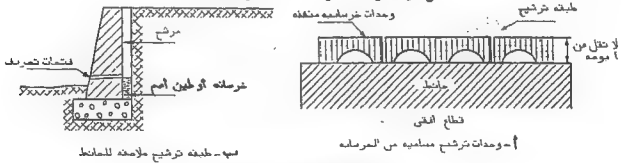
الصرف خلف الحوائط : يجب الردم خلف الحوائط الساندة بمواد منفذة للمياه على أن يتم عمل مرشح خلف هذه الحوائط ويكون هذا المرشح بكامل طول الحائط أو ملاصق تماماً لظهوره .

في المناطق غزيرة الأمطار ينفذ المرشح خلال طبقة الردم الخلفي مائلاً بزاوية ميل الردم الطبيعي .

وتستخدم البلوكات الخرسانية المسامية أو الرلط أو كسر الأحجار في تنفيذ المرشحات . كما في الشكل التالي ويجب ألا يقل سمك المرشح من البلوكات الخرسانية المسامية عن ١٠٠ سم بينما لا يقل سمك المرشح من الرلط أو كسر الأحجار عن ٥٠٠ سم للمرشح ذي الطبقة الواحدة و ٧٥٠ سم للطبقة الواحدة في حالة المرشح متعدد الطبقات .

يجب أن يزود الحائط بفتحات لتصريف المياه من المرشحات ويصمم المرشح ليتناسب تدرج ومقاس حبيباته مع التدرج الحبيبي للردم الخلفي وفتحات تصريف المياه وذلك وفق مواصفات تصميم المرشحات .

شكل يبين طريقة الصرف خلف الحوائط الساندة



د- طبقة ترشيح ملاصقة

ثالثاً : الفواصل : فواصل الإنشاء :

في الحوائط الخرسانية يجب تقليل فواصل الإنشاء بقدر الإمكان كما يجب توضيحها بالرسومات التنفيذية .

ويجب عمل فواصل إنشائية أفقية عند اتصال جذع الحائط والدعامات بالقاعدة . وكذلك على ارتفاعات محددة من الجذع والدعامات .

كما يجب اختيار أماكن الفواصل الرأسية عند قطاعات الحائط التي يكون إجهاد القص فيها صغيراً .

فواصل التمدد : يجب عمل فواصل تمدد رأسية بكامل ارتفاع الحائط . يتراوح سمكها بين ١٣ مم ، ١٩ مم تملأ بمادة لها خاصية الرجوعية (بيتومين) ويتم عمل هذه الفواصل كل ٣٠ متر . في حالة الحوائط ذات الدعامات الأمامية يفضل عمل فواصل التمدد عند موضع الدعامات بتنفيذ دعامتين عند الفاصل .

فواصل الهبوط : يتم عمل فواصل هبوط عند أماكن التغير في قطاع الحائط الساند . وعند أماكن التغير في نوع التربة الحاملة للمنشأ . وعند أماكن التغير في الأحمال . كما في حالة الكباري حيث يتم فصل أجنحة حوائط الكباري عن أكتافها .

رابعاً : تسليح الحائط : غطاء حديد التسليح :

يجب ألا يقل سمك الغطاء الخرساني على حديد التسليح عما يلي :

(١) قطر أكبر سيخ بالقرب من السطح الخارجي للحائط أو واحد بوصة أيهما أكبر .

(٢) قطر أكبر سيخ تسليح بالقرب من السطح الخارجي للحائط أو واحد ونصف بوصة أيهما أكبر وذلك للحوائط الساندة المعرضة سطحها إلى مياه عذبة .

(٣) قطر أكبر سيخ تسليح بالقرب من السطح الخارجي للحائط أو اثنين بوصة أيهما أكبر وذلك للحوائط الساندة المعرضة إلى مياه البحر .

حديد التسليح الثانوي :

لتثبيت الحديد الرئيسي وللتغلب على الشروخ الناتجة عن الانكماش يجب وضع حديد ثانوي موزع بانتظام في اتجاه عمودي على اتجاه الحديد الرئيسي .

ولي الحوائط التي يزيد سمكها عن ١٥ سم توضع طبقتين من حديد التسليح (في اتجاهين متعامدين عند كل جانب « سطح » بحيث لا تقل مساحة مقطع حديد التسليح في أي اتجاه عن ٠,٢٥٪ من مساحة المقطع الخرساني) .

خامساً : صيانة الحوائط :

يجب الكشف على المنشأ الساند على فترات زمنية للتحقق من :

(١) عدم تغير الأضراس التي اعتمدت في التصميم .

(٢) حالة المواد التي استخدمت في المنشأ .

(٣) عدم حدوث إزاحة للمنشأ .

إذا تبين وجود أي خلل يجب إجراء الإصلاحات اللازمة .

الصيانة الإنشائية : يجب فحص كحلة الفواصل على فترات زمنية منتظمة . كما يجب إعادة عمل الكحلة مرة ثانية إذا لزم الأمر . يجب أن تكون المونة المستخدمة في إعادة الكحلة ذات مقاومة مساوية لمقاومة المونة التي استخدمت عند إنشاء الحائط الساند مع مراعاة استخدام المواصفات الخاصة بالمون .

يجب إصلاح أي عيوب تحدث لأسطح الحوائط الخرسانية أو الخوازيق بتون تأخير خوفًا من تعرض حديد التسليح للتآكل .

يجب فحص وصلات التمدد على فترات زمنية منتظمة للتأكد من عدم حدوث أي عيوب في المواد التي تملؤها .

يجب تنظيف فتحات الصرف بانتظام لتؤدي وظيفتها بالكامل .

الكشف على طبقات التطين الأمامية : تزود المنشآت البحرية أو النهرية بطبقة تطين أمامية . يجب فحص هذه الطبقات بانتظام للتأكد من سلامتها . الحوائط الساندة البحرية التي تزود بطبقة تطين أمامية يجب مراجعة منسوب التربة أمام هذه المنشآت دورياً وإذا وجد أي تغير في منسوب التربة فيجب عمل الحماية اللازمة .

وحصد تحرك الحوائط الساندة : يجب الملاحظة الدقيقة لتحركات الحوائط الساندة في الحالات الآتية :

(١) إذا ظهر دليل على تحرك الحائط الساند .

(٢) إذا حدث انهيار جزئي للحائط الساند .

(٣) إذا كان المحتمل حدوث هبوط لسطح الأرض .

(٤) إذا أنشئ الحائط الساند في مناطق حدث بها من قبل انهيارات لحوائط ساندة .

يجب عمل مسح كامل للمنشأ في الأحوال السابقة باستخدام الأجهزة المساحية المتاحة . ويجب قياس الإزاحة الحادثة بالنسبة إلى نقطة ثابتة بعيدة عن منطقة تأثير حركة التربة على فترات زمنية للتأكد من توقف الحركة .

إذا ثبت وجود إزاحة فعلية للمنشأ الساند فيجب قياس جميع الإحداثيات الأفقية والرأسية لجميع النقاط الرئيسية للمنشأ

الغير متساوي للحائط والذي ينتج عن دوران الحائط حول نقطة قرب القاعدة .

وفي حالة الحوائط المرتكزة على صخر يمكن أن يحدث هذا النوع من الانهيار عندما تقع المحصلة خارج قاعدة الحائط .
وفي حالة الستائر اللوحية يحدث هذا الانهيار إما نتيجة كسر الشد أو انزلاق الربط الخلفي .

(٣) انزلاق الحائط إلى الأمام : يحدث هذا النوع من الانزلاق عندما لا تتواجد مقاومة كافية ناتجة عن الاحتكاك والتماسك بين القاعدة والتراب أو من الضغط المقاوم للتراب أمام الحائط .

(٤) الدوران حول نقطة أعلى الحائط : يحدث هذا النوع من الانهيار عندما لا يكفي الضغط المقاوم أمام الجزء السفلي من الحائط في حفظ اتزانه بينا الحائط ممنوع نسبياً عند أعلاه من الحركة مثال ذلك الحوائط من الستائر اللوحية ذات الربط الخلفي وأكتاف الكبارى .

وكذلك مناسب الأرض والسكك الحديدية والطرق بالقرب من الحائط الساند . وكذلك يجب أخذ عينات من التربة لتحديد خصائصها . كما يجب تسجيل الحالة اليومية للطقس وحالة نظام الصرف وكذلك عمليات الإنشاء والمدمم بالقرب من المنشأ الساند . والملاحظة الدقيقة لتحرك المنشأ مع تحديد أماكن التشققات الحادثة سوف تساعد بالتأكيد على تحديد ومعرفة أسباب المشكلة .

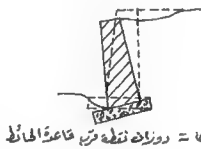
سادساً : أنواع الانهيارات الشائعة للحوائط :

يوضح الشكل التالي أنواع الانهيارات الشائعة الحدوث في الحوائط الساندة والتي تخلص فيما يلي :

(١) انزلاق التربة المحيطة : يحدث هذا بسبب نقص تماسك التربة أو إزالة الجزء الساند من التربة من أمام القدم وهذا النوع من الانهيار يحدث عادة في التربة الضعيفة التماسك .

(٢) دوران حول نقطة قرب قاعدة الحائط :

السبب الرئيسي لحدوث هذا النوع من الانهيار هو الهبوط



شكل يبين الانهيارات الشائعة للحوائط

سابعاً : إصلاح الحوائط (طرق إعادة اتزان المنشآت الساندة) :
لوحة أمام الحائط الساند لقطع مستوى الانهيار كما هو موضح بالشكل التالي (أ) أو بوضع طبقة من الردم أمام الحائط إذا سمحت طبيعة المنشأ بذلك .



إذا ظهرت أي إشارة لبدا حدوث انهيار جزئي بالمنشأ الساند فيمكن إعادة اتزان المنشأ والمحافظة عليه إذا أمكن تحديد أسباب بدأ الانهيار . لا توجد قوانين عامة محددة لعلاج هذه الحالات . بل يجب النظر لكل حالة على حدة وفيما يلي بعض حالات الانهيار الشائعة وطرق علاجها .

(١) في حالة فقد اتزان المنشأ نتيجة وجود مستوى انهيار قصير من تحت المنشأ . فيمكن التغلب على هذا بندق ستائر

(٣) يمكن تثبيت الحائط من القدم وذلك بعمل حفر بأطوال صغيرة أمام القدم ثم ملؤها بالخرسانة كما هو موضح بالرسم التالي (أ).

(٤) يمكن التغلب على مشكلة ميل الحائط وذلك من أعلى بشدائد تنتهي بمرابط خلفية كما هو موضح بالرسم التالي (ب) ويجب توزيع قوة الشد باستعمال مفادات تثبيت على طول الحائط.

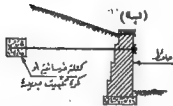
(٥) يمكن عمل دعائم أمامية Buttresses للمنشأ الساند مصممة لتعمل مليئاً مع المنشأ الساند القديم كما هو موضح بالشكل التالي (ج).

(٦) يمكن عمل (دعائم خلفية Counter forts) للحوائط الساندة التي تحركت بالفعل مع ربطها إلى بعض ليعملوا مليئاً كما هو موضح بالرسم التالي (د).

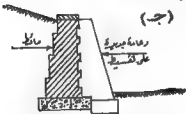
يفضل أن تمتد الدعامة الخلفية أسفل منسوب الأساس القديم لتعطي اتزان أكبر ضد الانزلاق إلى الأمام.



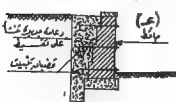
شكل ميسر تثبيت الحائط



شكل ميسر تثبيت الحائط بمرابط خلفية



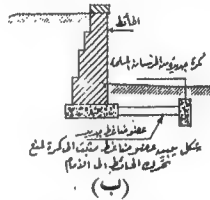
شكل ميسر تثبيت الحائط بدعائم أمامية



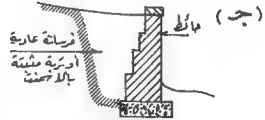
شكل ميسر تثبيت الحائط بدعائم خلفية

(٢) في حالة حدوث ميل للحائط أو تحرك للأمام أو الارتفاع معاً. يكون ذلك نتيجة زيادة الضغوط الجانبية على الحائط الساند بسبب وجود أمحال حية أو زيادة وزن وحدة الهجوم للردم الخلفي نتيجة تشعب الردم بالماء أو نقصان الضغط المقاوم المتولد أمام الحائط. فيمكن في هذه الحالة إنشاء عنصر ضاغط مثبت إلى كمره كما هو موضح بالرسم التالي (ب) أو يستبدل جزء من الردم الخلفي بمادة خفيفة الوزن أو رمل مثبت بالأحمت وذلك لتخفيف الضغط الجانبي على الحائط كما هو موضح بالشكل التالي (ج).

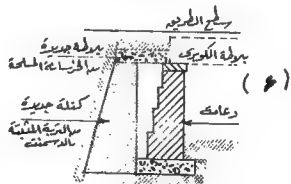
الشكل التالي (د) يوضح حالة يتم فيها إزالة الضغط الجانبي المؤثر على الحائط بالكامل وذلك بإنشاء حائط ساند خلف الحائط الساند القديم.



(ب)



شكل ميسر إزالة الضغط الجانبي على الحائط



شكل ميسر إزالة الضغط الجانبي من على الحائط

جدول يبين معاملات الاحتكاك القصوى للمواد المختلفة

زاوية الاحتكاك بالدرجات	معامل الاحتكاك	نوع الحائط والتربة المجاورة
٣٥	٠,٧	أ) حائط من الخرسانة أو المبالي على المواد التالية :
٢٩ - ٣١	٠,٦٠ - ٠,٥٥	- صخر نقي طين .
		- زلط نقي - خليط من الرمل والزلط - رمل خشن .
٢٩ - ٢٤	٠,٥٥ - ٠,٤٥	- رمل نقي ناعم إلى متوسط الخشونة رمل طمي متوسط الخشونة
		وخشن - زلط طمي أو طيني .
٢٤ - ١٩	٠,٤٥ - ٠,٣٥	- رمل نقي ناعم - رمل طمي أو طيني ناعم إلى متوسط الخشونة .
١٩ - ١٧	٠,٣٥ - ٠,٣٠	- طمي رمل ناعم - طمي غير لدن .
٢٦ - ٢٢	٠,٥٠ - ٠,٤٠	- طين جامد جداً وصلب متصلد أو سابق التصلد .
١٩ - ١٧	٠,٣٥ - ٠,٣٠	- طين متوسط إلى جامد - طين طمي
		ب) الساتر اللوحية من الصلب :
		- زلط نقي - خليط من الرمل والزلط - ردم من الصخر جيد
٢٢	٠,٤٠	التدرج .
		- رمل نقي - خليط من رمل زلط وطمى - ردم من الصخر
١٧	٠,٣٠	الصلب ذو المقاس الواحد .
١٤	٠,٢٥	- رمل طمي - رمل أو زلط مخلوط بالطمى أو الطين .
١١	٠,٢٠	- طمي رمل ناعم - طمي غير لدن .
		ج) الساتر اللوحية الخرسانية :
		- زلط نقي - خليط من الرمل والزلط - ردم من الصخر جيد
٢٦ - ٢٢	٠,٥٠ - ٠,٤٠	التدرج .
		- رمل نقي - خليط من الرمل الطيني والزلط - ردم من
٢٢ - ١٧	٠,٤٠ - ٠,٣٠	الصخر .
١٧	٠,٣٠	- رمل طمي - خليط من الرمل أو الزلط مع الطين أو الطمي .
١٤	٠,٢٥	- طمي رمل ناعم - طمي غير لدن .
		د) مواد إنشائية متفجرة :
٣٥	٠,٧	- مباني على مباني - صخور نارية ومتحولة .
٣٥	٠,٧	- صخر طرى مستوى على صخر طرى مستوى .
٣٣	٠,٦٥	- صخر صلب مستوى على صخر طرى مستوى .
٢٩	٠,٥٥	- صخر صلب مستوى على صخر صلب مستوى .
٢٦	٠,٥٠	- مباني على خشب
١٧	٠,٣٠	- حديد على حديد عند الوصلات .

جدول يبين معاملات الالتصاق لنوعيات التربة المتناسكة المختلفة

التماسك كجم / سم ^٢ (C _u)	الالتصاق كجم / سم ^٢ (C _s)
تربة ليثة جداً (صفر - ٠,٢٥)	(صفر - ٠,٢٥)
تربة متناسكة متوسطة (٠,٢٥ - ٠,٥٠)	(٠,٢٥ - ٠,٥٠)
تربة متناسكة جامدة (٠,٥٠ - ١,٠)	(٠,٥٠ - ٠,٧٥)
تربة متناسكة جامدة جداً (١ - ٢)	(٠,٧٥ - ٠,٩٥)
تربة متناسكة صلبة (٢ - ٤)	(٠,٩٥ - ١,٣٠)

الباب الثاني

أختصاصات جامعة عبد القصيم والضيوف وتصميم الحوائط الساندة من الطوب

● تعريف للحوائط الساندة ●

الحوائط الساندة عبارة عن منشآت تستعمل في سند الأتربة أو المواد الأخرى حيث لا تسمح حالة الأتربة أو غيره بتوفير الاتزان بميل طبيعية وهي تستعمل للأغراض الآتية :

- ١ - سند الأتربة بدون حمل إضافي For earth pressure without surcharg
 - ٢ - لتحمل ضغط السوائل For liquid pressure
 - ٣ - لتحمل ضغط المياه For water pressure
 - ٤ - لتحمل ضغط التربة ذات حمل إضافي مائل For earth pressure with sloping surcharg
 - ٥ - لتحمل ضغط الحبوب For grains pressure
 - ٦ - لتحمل ضغط الفحم For coal pressure
- ولعدة أعمال أخرى سيتم سردها في حينها .

وتصنف الحوائط الساندة حسب الطريقة التي يتم بها الاتزان إلى نوعين رئيسين : الأول : ويعتمد على الأوزان الرأسية التي تعمل على تكوين احتكاك عند القاعدة وإلى جمل محصلة القوى في (الثلث الأول Middle third) أو قريب منه مما يوفر الاتزان ضد الانقلاب والانزلاق ومثال ذلك الحوائط المبنية من الطوب والخرسانة العادية المسلحة وهذا النوع يعتمد على ثقل الحائط نفسه وهو الذي يعمل الاتزان وبذلك يصبح أحجامه كبيرة خصوصاً المبنية بالطوب أو الخرسانة العادية والثاني يعتمد على المقاومة الجانبية لحركة الحائط وتوفير الاتزان الكلي للميل ومثال ذلك الحوائط التي تعتمد على ضغوط التربة السائلة مثل الستائر المعدنية (Sheet pile walls for dry dock) أو خوازيق ساندة للحوائط أو دعامة تسند الحائط (Anchor block) وستعرض في هذه الدراسة إلى ثلاثة أنواع :

أولاً : الحوائط المبنية بالطوب وجميع الأساسات اللازمة لهذه الحوائط .

ثانياً : الحوائط الساندة من الخرسانة العادية .

ثالثاً : الحوائط الساندة من الخرسانة المسلحة .

القوى المؤثرة على الحائط :

- ١ - وزن الحائط والردم الموجود فوقه .
- ٢ - الضغوط الجانبية المؤثرة على الحائط الناتجة عن وزن الردم الخلفي .
- ٣ - الأحمال الحية والميتة الموجودة على الحائط والردم فوقه .
- ٤ - الضغوط الجانبية الناتجة عن الأحمال الحية والميتة على الردم الخلفي .
- ٥ - ضغوط المياه وخاصة عند القواصل الإنشائية التي يحتمل تسرب المياه خلالها .
- ٦ - القوى الناتجة عن تأثير الزلازل .
- ٧ - تأثير الأمواج .
- ٨ - أى قوى أخرى تولد أثناء التنفيذ أو التشغيل للحائط .

الضغوط (Lateral pressures) :

١) ضغط الريح Wind pressure :

١) يجب أن يصمم كل مبنى ليتحمل ضغطاً أفقياً للريح مقداره ٧٥ كج على المتر المربع على الأقل في جميع الاتجاهات ويعتبر هذا الضغط مؤثراً على التلئين العلويين من ارتفاع المبنى أما كافة الأجزاء المرتفعة عن منسوب السطح كمدناخن الدفايات وما يشابهها فتصمم لتحمل ضغطاً أفقياً للريح مقداره ٥٠ كج على المتر المربع على الأقل في جميع الاتجاهات .

٢) يمكن التجاوز عن حساب تأثير ضغط الريح على توازن المبنى Stability إذا كان ارتفاعه يقل عن ضعف طوله في اتجاه الموازي لاتجاه هبوب الريح - ولكن يجب أن تصمم الأجزاء المختلفة من المبنى لتحمل الضغوط المبينة في البند رقم (١) .

٣) يجب أن تصمم الأسقف المائلة التي يزيد ميلها عن ٢٠ درجة مع الخط الأفقي بحيث تتحمل ضغطاً عمودياً على ميل السقف من تأثير الرياح مقداره ٧٥ كج على المتر المربع ومص (Suction) مقداره ٥٠ كج على المتر المربع على الوجه المقابل على أن يحسب تأثير كل من هذين الضغطين على حدة - وعلى أن تعتبر هذه الضغوط في حساب السقف المائل فقط أما في حساب الأحمال الرأسية الواقعة على باقي أجزاء المبنى من تأثير هذه الأسقف فيجب أن يعتبر كأن حملاً حياً مقداره ٥٠ كج على المتر المسطح واقعاً على مسطح المسقط الأفقي للمبنى بأكمله .

٤) للسطوح الدائرية كالمدناخن وما يماثلها المعرضة لضغط الريح لا يجوز أن يقل الضغط على الوجه الدائري عن ٦٠٪ من الضغط على السقف الرأسى لهذه الأسطح ولا تقل عن ٨٠٪ في حالة الأسطح الكثرية الأوجه .

٢) الضغط الجانبي للأتربة والرمال وغلافه : (Earth pressure) :

١) يجب أن تصمم الحوائط الساندة لتحمل الضغط الجانبي الناتج من الأتربة الضاغطة عليها باعتبار أن هذا الضغط يتبع في اتجاه ميل السطح العلوى للأتربة المسنودة ومقداره يتزايد ابتداء من السطح العلوى للحائط حتى أسفله تزايداً منتظماً .

٢) يجب أن يحسب مقدار الضغط الجانبي عند أى عمق تحت السطح العلوى للأتربة المسنودة الأفقية السطح طبقاً للمعادلة الآتية :
الضغط عند أى عمق ه ه من السطح العلوى =

$$\frac{1 - \text{جيب زاوية الميل الطبيعي للأتربة المسنودة}}{1 + \text{جيب زاوية الميل الطبيعي للأتربة المسنودة}} \times \text{ه ه} \times \text{العمق ه ه من ه ه}$$

وهو القانون المعروف بقانون (Rankine) .

وعلى ذلك فيقدر الضغط الكلى (Total pressure) المؤثر على الحائط بكامل ارتفاعه طبقاً للمعادلة الآتية :

$$\frac{1 - \text{جيب زاوية الميل الطبيعي للأتربة المسنودة}}{1 + \text{جيب زاوية الميل الطبيعي للأتربة المسنودة}} \times \frac{(\text{ارتفاع الحائط ه ه})^2}{2} \times \text{وزن المتر المكعب من الأتربة المسنودة}$$

ويعتبر هذا الضغط الكلى مركز التأثير في نقطة الثلث السفلى من ارتفاع الحائط .

٣) في حالة الأتربة المسنودة التي يميل سطحها العلوى عن الخط الأفقى بزاوية مقدارها (د) من الدرجات فيقدر الضغط الكلى المؤثر على الحائط بكامل ارتفاعه طبقاً للمعادلة الآتية :
الضغط الكلى =

$$\frac{(\text{ارتفاع الحائط ه ه})^2}{2} \times (\text{جنا د - جنا ه ه}) \times \frac{(\text{جنا د - جنا ه ه})}{2} \times \text{وزن المتر المكعب من الأتربة المسنودة}$$

حيث ه ه = زاوية الميل الطبيعي للأتربة المسنودة .

ويعتبر هذا الضغط الكلى مركز التأثير في نقطة الثلث السفلى من ارتفاع الحائط وموازى في اتجاه تأثير للسطح العلوى المائل للأتربة المسنودة .

٤) في حالة الحوائط التي تسند أتربة أفقية السطح العلوى ولكن عليها أحمال إضافية من تأثير تخزين المواد الثقيلة أو حركة المرور أو ما يماثلها فيجب أن يعتبر تأثير هذه الأحمال الإضافية في الضغط الجانبي على الحائط ويقدر ذلك بأن يفرض زيادة ارتفاع الأتربة المسنودة بحيث يكون تأثير وزن الأتربة المضافة على المتر المسطح مساوياً لتأثير الأحمال الإضافية السابقة الذكر

على نفس الوحدة - وفي هذه الحالة يتزايد الضغط الجانبي تزايداً منتظماً من السطح العلوى للأتربة المفروضة إضافتها حتى أسفل الحائط مبتدئاً بصفر . ويحدد مركز تأثير الضغط الكلى في نقطة الثلث السفلى بالنسبة لذلك الارتفاع الكلى (أى ارتفاع الحائط زائد ارتفاع التربة المضافة) .

٥) لحساب الضغط الجانبي للأتربة يجب اتباع الأوزان وزوايا الميل الطبيعي المبنية في الجدول التالى :

المادة	الوزن كج / م ^٣	زاوية الميل الطبيعى بالدرجة	المادة	الوزن كج / م ^٣	زاوية الميل الطبيعى بالدرجة
أتربة مردومة	١٥٠٠	٣٧	أرض طفلية جافة	١٧٠٠	٥٠
أفقاض ناتجة من هدم مباني	١٥٠٠	٥٠	أرض طفلية رطبة	١٨٠٠	٤٥
رمل جاف	١٧٠٠	٣٥	أرض مشبعة بالماء	١٩٠٠	١٥
رمل رطب منقوق	١٩٠٠	٣٢	زلط رفيع	١٨٠٠	٣٨ - ٤٥
رمل مشبع بالماء المنقوق	٢١٠٠	٢٤ - ١٦	زلط غلوط برمل	٢٣٠٠	٢٦ - ٣٥
طينة زراعية جافة	١٨٠٠ - ١٦٠٠	٤٨	زلط غلوط بغلظ	٢٣٠٠	٢٨
طينة زراعية رطبة	١٩٠٠ - ١٨٠٠	٤٥	طينة التيل	١٧٥٠	٣٥
طينة زراعية مشبعة بالماء	٢٠٠٠ - ١٩٠٠	٢٠ - ١٧			

٣) الضغط الجانبي للحبوب (Grain pressure) :

يجب أن تصمم حوائط الصوامع ومخازن السطح الحبوب لما ستعرض له من ضغط جانبي بتأثير هذه الحبوب المخزونة باعتبار أن هذا الضغط يتبع في اتجاهه ميل السطح العلوى للحبوب المخزونة ويتزايد تزايداً منتظماً مبتدئاً بصفر عند سطح العلوى حتى يصل إلى نهايته العظمى عند عمق خاص لا يزيد بعده بل يبقى ثابتاً لأى عمق بعد ذلك ويحدد العمق المذكور والضغط الجانبي للحبوب طبقاً للمعادلات الآتية :

الضغط الجانبي عند أى عمق (س) قبل العمق الأقصى الذى لا يزيد بعده الضغط الجانبي =

$$\text{وزن المتر المكعب من الحبوب المخزونة} \times \text{العمق س} \times \text{ظا}^{\circ} (٤٥ - \frac{\gamma}{\gamma_s})$$

وزن المتر المكعب من الحبوب المخزونة

الحد الأقصى للضغط الجانبي =

محيط الصومعة

معامل الاحتكاك بين الحبوب وحائط الصومعة \times مساحة المسقط الأفقى للصومعة

ويحدد وزن الحبوب وزوايا الميل الطبيعي ثا ومعاملات الاحتكاك طبقاً للجدول الآتى :

المادة	الوزن كجم/م ^٣	زاوية الميل الطبيعى بالدرجات	معامل الاحتكاك مع الخرسانة	المادة	الوزن كجم/م ^٣	زاوية الميل الطبيعى بالدرجات	معامل الاحتكاك مع الخرسانة
قمح	٨٥٠	٢٥	٠,٤٤٤	شعير	٦٩٠	٢٧	٠,٤٥٢
أذرة	٧٥٠	٢٨	٠,٤٢٣	فحم مكسر قطع	٨٥٠٠	٢٧	٠,٥١٠
أرز	١٠٠٠	٢٨	٠,٤٦٦	أسمنت	١٤٠٠	٢٩	٠,٣١٦

(٤) الضغط الجانبي للسوائل (liquid pressure) :

يجب أن تصمم حوائط الخزانات لتحمل الضغط الجانبي من تأثير السوائل المخزونة باعتبار أن هذا الضغط يتزايد تزايداً منتظماً من السطح العلوي للسائل حتى أسفل الحائط مبتدئاً بصفر . ويحدد الضغط الجانبي عند أى عمق (س) وفي جميع الاتجاهات طبقاً للمعادلة الآتية :

$$\text{الضغط عند العمق م} = \text{وزن المتر المكعب من السائل} \times \text{العمق م} .$$

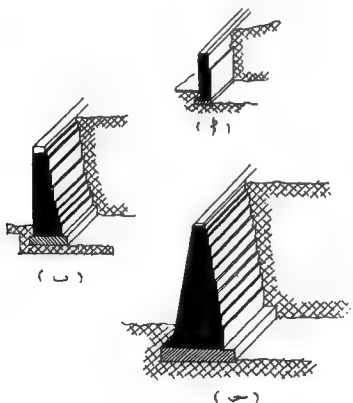
وعلى ذلك فيقدر الضغط الكلى على كامل ارتفاع الحائط بالمعادلة الآتية :

$$\text{الضغط الكلى} = \text{وزن لتر المكعب من السائل} \times \frac{\text{الارتفاع الكلى}'}{2}$$

ويعتبر أوزان السوائل طبقاً لما هو مبين فى الجدول الآتى :

المادة	وزن المتر المكعب بالكجم	المادة	وزن المتر المكعب بالكجم	المادة	وزن المتر المكعب بالكجم
بنترول	٨٤٠	زيت بذرة الكتان	٩٤٠	لين	١٠٣٠
مازوت	٩١٠	زيت تربنتينا	٨٧٠		
بنزين	٧٥٠	ماء البحر	١٠٢٥		
جلسرين	١٢٦٠	ماء مقطر	١٠٠٠		

ما سبق فهو نبذة عامة عن الضغوط والتصميم وفيما على سيتم تصميم لكل نوع على حدة مع طريقة إثبات القوانين السابقة وحل أمثلة لكل نوع والأشكال التالية بعض أنواع المباني من الطوب .



شكل يبيّن نماذج حوائط كتلية من الطوب

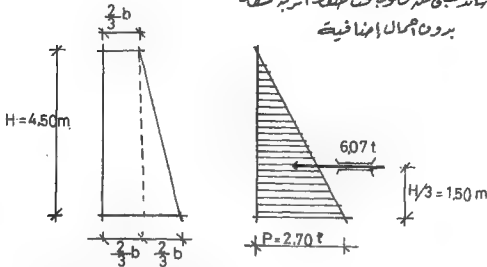
الحوائط المبنية بالطوب

الأسس اللازمة لتصميم الحوائط الساندة

المبادئ الأولية التي تستخدم في تصميم الحوائط الساندة وتنحصر في النظرية التقريبية (Rankin's theory) وستطبق على الأسس التالية :

أولاً : لضغط التربة فقط بدون أحمال إضافية : For earth pressure without surcharge :

حائط راندسيفي من الطوب تحت ضغط أسرّة فقط
بدون أحمال إضافية



$$P = W.H \left[\frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \right] \quad \text{Linear formula}$$

Where

W = Specific gravity of soil

H = Height of retaining wall

ϕ = Angle of friction of soil

P = Base of triangle

$$P = \text{Total pressure of earth} = \frac{PH}{2}$$

$$P = \frac{WH^2}{2} \left[\frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \right] \quad \text{acting at} \quad \frac{H}{3}$$

الوزن النوعي للتربة

ارتفاع الحائط الساند

زاوية الاحتكاك للتربة بالدرجات

قاعدة المثلث الناتجة عن القانون (قيمة الضغط)

$$\frac{\text{القاعدة} \times \text{الارتفاع}}{2} = \text{إجمالي الضغط على التربة}$$

النموذج الأول :

حائط ساند ارتفاعه ٤,٥ م وزاوية احتكاك التربة ٣٠° والوزن للتربة ١,٨ طن / م^٣ أوجد :

١ - قاعدة المثلث الناتج عن الضغط P .

٢ - إجمالي الضغط على التربة والتي تؤثر في $\frac{1}{3}$ الارتفاع من القاعدة P .

$$1 - P = W \times H \left[\frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \right]$$

$$= 1.8 \times 4.5 \left[\frac{1 - \frac{1}{2}}{1 + \frac{1}{2}} \right] = 2.70 \text{ ton}$$

$$2 - \underline{P} = \frac{P \times H}{2} = \frac{2.70 \times 4.5}{2} = 6.07 \text{ ton}$$

$$\text{Or } \underline{P} = \frac{W \times H^2}{2} \times \left[\frac{1 - \sin \Phi}{1 + \sin \Phi} \right] = \frac{1.8 \times 4.5^2}{2} \times \frac{0.5}{1.5} = 6.07 \text{ ton}$$

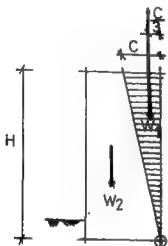
ملحوظة هامة :

The effect of soil on incined back surface

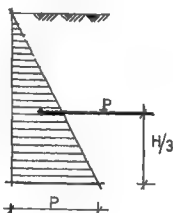
تأثير الأتربة على الوجه المائل للحائط :

Draw a vertical plan through point (o) get P & \underline{P} as usual (\underline{P} acting at $\frac{H}{3}$)

\bar{W} = weight of triangle inclined inside the wall which the vertical load acting at $\frac{C}{3}$ from (o)

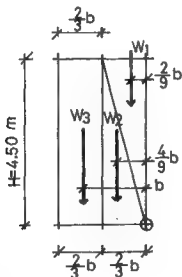


طريقة إيجاد تأثير الأتربة على الوجه المائل للحائط



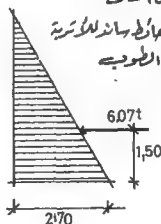
النموذج الثاني :

المطلوب تصميم حائط ساند ارتفاعه ٥م وزاوية الاحتكاك الداخلي ٣٠° ووزن التربة (W) ١,٨ طن / م^٣ ووزن الطوب ٢ طن / م^٣ وجهد الضغط للطوب ٥ كجم / سم^٢.



النموذج الثاني

طريقة تصميم حائط ساند للأتربة
سه المباني الطوبية



From Example (1) $\underline{P} = 6.07 \text{ ton}$ acting at $\frac{H}{3}$

$$B.M \approx 0 = (6.07 \times \frac{4.5}{3}) + w_1 \times \frac{2}{9} b + w_2 \times \frac{4}{9} b + w_3 \times b = (w_1 + w_2 + w_3) b$$

$$W_1 = \frac{2}{3} b \times \frac{H}{2} \times w = \frac{2}{3} b \times \frac{4.5}{2} \times 1.8 = 2.7.b$$

$$W_2 = \frac{2}{3} b \times \frac{H}{2} \times 2 = \frac{2}{3} b \times \frac{4.5}{2} \times 2 = 3.b$$

$$W_3 = \frac{2}{3} b \times H \times 2 = \frac{2}{3} b \times 4.5 \times 2 = 6.b$$

$$\Sigma.m \approx 0 = 6.07 \times \frac{4.5}{3} \times 2.7 \times \frac{2}{9} b + 3.b \times \frac{4}{9} b + 6.b \times b = (2.7.b + 3.b + 6.b) b$$

resultant acting at middle four

$$b \times \frac{t}{Y} \times \gamma = \text{المسافة من (o) حتى } \gamma = .75 \times \frac{4}{3} b = \text{حيث } b$$

$$= 9.10 + 0.6.b + 1.33b^2 + 6.b^2 = 11.7b^2$$

$$= 4.37b^2 + 0.6.b + 9.10$$

$$b = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2.a}$$

$$b = \frac{-0.6 \pm \sqrt{0.6^2 - 4 \times 4.37 \times 9.10}}{2 \times 4.37} = 1.51 \text{ m}$$

$$w_1 = 2.7 \times 1.51 = 4.077 \text{ ton}$$

$$w_2 = 3. \times 1.51 = 4.53 \text{ ton}$$

$$w_3 = 6 \times 1.51 = 9.06 \text{ ton}$$

Check of stresses to masonry (F)

$$\text{Total vertical load} = 4.077 + 4.53 + 9.06 = 17.667 \text{ ton}$$

$$\frac{2}{3} b = 1.006 \text{ m}$$

$$\frac{4}{3} b = 2.01 \text{ m}$$

$$F = \frac{2 N}{A} = \frac{2 \times 17667}{201 \times 100} = 1.75 \text{ kg / cm}^2 < 5 \text{ kg / cm}^2$$

For liquid pressure

ثانياً : ضغط السوائل

$$P = W H$$

$$\frac{P}{2} = \frac{W H^2}{2}$$

$$\phi = 0^\circ$$

$$\text{acting at } \frac{H}{3}$$

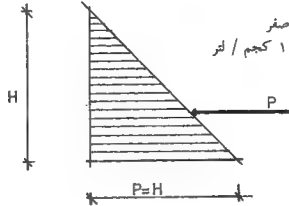
For water pressure

$$\Phi = 0^\circ$$

$$W = 1$$

$$P = H$$

$$P = \frac{H^2}{2} \text{ acting at } \frac{H}{3}$$



ثالثاً : ضغط الماء

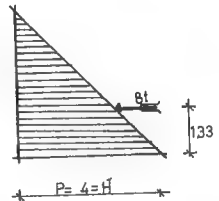
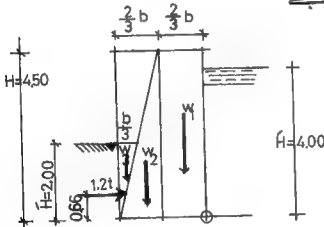
حيث : ميل الماء = صفر

وزن الماء = ١ كجم / لتر

النموذج الثالث :

الطوب تصميم حائط بارتفاع ٤,٥٠ م وبحجز ماء بارتفاع ٤,٥٠ م ومستقيم من الداخل ومائل من الخارج ومن الخارج مسنودة بأثرية بارتفاع ٢ متر علماً بأن وزن التربة ١,٨ طن / م^٣ ووزن الطوب ٢ طن / م^٣ وجهد الطوب ٥ كجم / سم^٢.

تصميم حائط ساند للماء من الطوب



Design of retaining wall

a - To get water pressure :: $P = \frac{H^2}{2} = \frac{4^2}{2} = 8 \text{ ton}$

b - To get earth pressure $= \frac{WH^2}{2} \left(\frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \alpha} \right) = \frac{1.8 \times 2^2}{2} \times \left(\frac{.5}{1.5} \right) = 1.2 \text{ ton}$

$$W_1 = \frac{2}{3} b \times H \times 2 = \frac{2}{3} b \times 4.5 \times 2 = 6b$$

$$W_2 = \frac{2}{3} b \times \frac{H}{2} \times 2 = \frac{2}{3} b \times \frac{4.5}{2} \times 2 = 3b$$

$$W_3 = \frac{b}{3} \times \frac{H}{2} \times 1.8 = \frac{b}{3} \times \frac{2}{2} \times 1.8 = 0.6b$$

$$B.M = 0 = (8 \times 1.33 + W_1 \times \frac{b}{3} + W_2 \times \frac{8}{9}b + W_3 \times \frac{11}{9}b - 0.66 \times 1.2) - (W_1 + W_2 + W_3) \times .75 \times \frac{4}{3}b$$

Resultant acting at middle Four

$$= (10.64 + 6.b \times \frac{b}{3} + 3.b \times \frac{8}{9}b + 0.6.b \times \frac{11}{9}b - 0.792) - (6.b + 3.b + 0.6.b) b$$

$$= (10.64 + 2.b^2 + 2.66 b^2 + 0.733 b^2 - 0.792) - (9.6.b^2)$$

$$= (9.848 + 5.363b^2) - 9.6b^2$$

$$= 9.848 - 3.237b^2$$

$$= 0$$

$$\therefore b^2 = \frac{9.848}{3.237}$$

$$= b^2 = 3.04 \therefore b = \sqrt{3.04}$$

$$= 1.744 \text{ m}$$

$$\therefore W_1 = 6 \times 1.744$$

$$= 10.46 \text{ ton}$$

$$W_2 = 3 \times 1.744$$

$$= 5.23 \text{ ton}$$

$$W_3 = 0.6 \times 1.744$$

$$= 1.04 \text{ ton}$$

Check of stress

$$\Sigma W = 10.45 + 5.23 + 1.04$$

$$= 16.72 \text{ ton}$$

Check Of stresses Of masonry (F)

$$F = \frac{2W}{A} = \frac{16.72}{\frac{4}{3}b \times 1.00}$$

$$= \frac{16.72}{2.32 \times 1.00}$$

$$= \frac{16720}{232 \times 100}$$

$$= .72 \text{ kg / cm}^2 < 5 \text{ kg / cm}^2$$

For wind pressur

رابعاً : ضغط الريح

$$P = 110 \times H \quad \text{acting } \frac{H}{2}$$

حيث

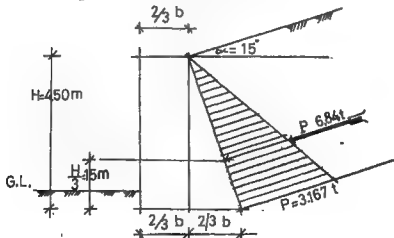
$$P = 110 \text{ kg / m}^2 \text{ (Intensity of wind pressure varies according to height & location)}$$

For earth pressure with sloping surcharge

خامساً : ضغط الأتربة وعليها حمل إضافي مائل :

المحورج الرابع

إيجاد مقدار ضغط الأتربة المائلي وعليها حمل إضافي مائل بزاوية ١٥°



Resolve the resultant 6.84 ton to

$$\underline{P}_h = P \cos 15^\circ = 6.84 \times .96 = 6.5.b \text{ ton}$$

$$\underline{P}_v = P \sin 15^\circ = 6.84 \times .258 = 1.7.b \text{ ton}$$

$$W_1 = \frac{2}{3} b \times \frac{H}{2} \times w = \frac{2}{3} b \times \frac{4.5}{2} \times 1.8 = 2.7.b \text{ ton}$$

$$W_2 = \frac{2}{3} b \times \frac{H}{2} \times 2 = \frac{2}{3} b \times \frac{4.5}{2} \times 2 = 3.b \text{ ton}$$

$$W_3 = \frac{2}{3} b \times H \times 2 = \frac{2}{3} b \times 4.5 \times 2 = 6.b \text{ ton}$$

$$B.M=O = \text{Sum of all moments} = O = (w_1 + w_2 + w_3 + 6) \times \frac{2}{3} \text{ breadth} \times \frac{2}{3} \times \frac{4}{3} b = \frac{8}{9} b$$

resultant acting at middle third

أخذت المسافة b داخل الـ (middle third) لأن الحمل ٦ طن ليس في محور $\frac{2}{3} b$ بل بعد ٥.٠ م ومن الطرف الخارجى.

$$B.M=O = 6.56 \times 1.5 + w_1 \times \frac{2b}{9} + w_2 \times \frac{4}{9} b + w_3 \times b + 6 \left(\frac{4}{3} b - .50 \right) = (w_1 + w_2 + w_3 + b) \times \frac{8}{9} b + \underline{P}_v$$

$$= 6.56 \times 1.5 + \frac{2.7b \times 2b}{9} + 3.b \times \frac{4}{9} b + 6.b \times b + 6 \left(\frac{4}{3} b - 0.50 \right) = (2.7.b + 3.b + 6.b) \times \frac{8}{9} b + 1.76$$

$$= 9.84 + 0.6.b^2 + 1.33b^2 + 6.b^2 + 8b - 3 = 2.4b^2 + 2.66.b^2 + 5.33.b^2 + 5.33.b + 1.76$$

$$= 9.84 + 7.93.b^2 + 8.b - 3 = 10.39.b^2 + 5.33.b + 1.76$$

$$= 2.46b^2 + 2.76b + 5.08$$

$$\pm b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}$$

هذه معادلة من الدرجة الثانية ولحلها يتبع القانون الآتى :

$$b = \frac{2a}{2.67 \pm \sqrt{2.67^2 - 4 \times 2.46 \times 5.08}}$$

$$\therefore b = \frac{2 \times 2.46}{2 \times 2.46} = 2.07 \text{ m}$$

$$\therefore \frac{2}{3} .b = 2.07 \times \frac{2}{3} = 1.38 \text{ m}$$

$$\therefore \frac{4}{3} .b = 2.07 \times \frac{4}{3} = 2.78$$

$$W_1 = 2.7 \times 2.07 = 5.589 \text{ ton}$$

$$W_2 = 3 \times 2.07 = 6.21 \text{ ton}$$

$$W_3 = 6 \times 2.07 = 12.42 \text{ ton}$$

To get the height of inclined triangle

$$\text{Total } H = 1.38 \times \tan 15^\circ + H = 1.38 \times 0.267 + 4.5 = 4.86 \text{ m}$$

$$\text{Total } W_1 = \frac{4.86 \times 1.38 \times 1.8}{2} = 6.03 \text{ ton}$$

ملحوظة : عندما حسبت P حسب على أن الارتفاع ٤.٥ م ولكن في الحقيقة الارتفاع أصبح ٤.٨٦ م بعد إضافة ارتفاع ٣.٦، وهو

$$\tan 15^\circ = \frac{2}{3} \times \frac{b}{3} \text{ فيجب إعادة الحساب على الارتفاع الجديد بعد الإضافة .}$$

$$P = \frac{WH^2}{2} \cos \alpha \left[\frac{\cos \alpha - \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi}}{\cos \alpha + \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi}} \right]$$

$$= \frac{1.8 \times 4.86^2}{2} \times .96 \times .391 = 7.98 \text{ ton}$$

$$P_v = 7.98 \times \sin 15^\circ = 7.98 \times .258 = 2.05 \text{ ton}$$

$$W_1 = \frac{2}{3} \times \frac{H}{2} \times w = \frac{2}{3} \times \frac{2.07 \times 4.86}{2} \times 1.8 = 6.03 \text{ ton}$$

$$\text{Total vertical load} = 2.05 + 6.03 + 6.21 + 12.42 + 6 = 32.71 \text{ ton}$$

1- Ckeck of stresses to masonry (F)

allowable of masonry 5 kg / cm²

$$(F) \text{ to masonry} = \frac{2 \times \text{total load}}{\text{Area}} = \frac{2 \times 32710}{278 \times 100} = 2.35 \text{ kg / cm}^2 < 5 \text{ kg / cm}^2$$

Imperial dimensioning For Cross Section Of retaining Wall

ملحوظة : لإيجاد أبعاد تقريبية للحوائط الساندة

The table shown here after gives impercially the ratio of = $\frac{b}{H_1}$

حيث :

$$\frac{H}{2} = \text{القاعدة السفلى للحائط} + \text{سمك الحائط من أعلا} \quad \text{عند ارتفاع الحائط}$$

$$H_1 = \text{ارتفاع الأتربة من القاعدة حتى أعلا الميل}$$

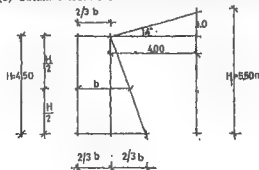
$$\text{لو فرض أن سمك الحائط من أعلا} = \frac{2}{3}b \quad \text{والقاعدة من أسفل} = \frac{4}{3}b$$

$$b + \frac{2}{3}b = b \quad \text{وتكون في منتصف H حيث H ارتفاع الحائط}$$

This table shows earth pressure for various angles of friction & surcharge .

Surcharge		Retio = $\frac{b}{H_1} = \frac{\text{width of base at Half of height of wall (H)}}{\text{height from top level of earth to level of foundation (H}_1)}$			
angle	slope	for angle of friction of practical soil			
		angle of friction	20°	50°	65°
30	1.75 : 1		0.50	0.46	0.24
22	2.5 : 1		0.495	0.39	0.23
14	4.00 : 1		0.490	0.35	0.22
O	level	b / H ₁	0.430	0.33	0.12

Note : The height to be considered in getting the base from the above table is the total height from top level of earth to level of foundation place (b) obtained from table as shown for the various cross section .



تطبيق للقاعدة التقريبية

بالمودج رقم (٥) كانت زاوية الاحتكاك للأتربة تساوى ٣٠° وزاوية ميل الحمل الإضافى ١٥° وكانت النتيجة أن القاعدة

$$b \frac{4}{3} = ٢,٧٨ \text{ م}, b = ٢,٠٧ \text{ م}.$$

ولتطبيق هذا المثال على القاعدة التقريبية المشروحة سابقاً نجد الآتى :

$$\text{بالمجدول عاليه زاوية الاحتكاك } ٢٠^\circ \text{ عند زاوية ميل الحمل الإضافى } \alpha = ١٤^\circ \text{ كانت نسبة } \frac{b}{H_1} = ٠,٤٩,$$

$$\text{بالمجدول عاليه زاوية الاحتكاك } ٥٠^\circ \text{ عند زاوية ميل الحمل الإضافى } \alpha = ١٤^\circ \text{ كانت نسبة } \frac{b}{H_1} = ٠,٣٥,$$

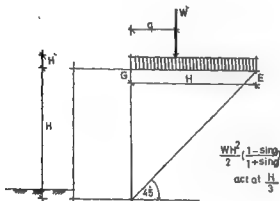
$$\text{فلو أخذ متوسط درجات الاحتكاك } ٣٥ = \frac{٢٠ + ٥٠}{2} \text{ كانت نسبة } \frac{b}{H_1} = \frac{٠,٣٥ + ٠,٤٩}{2} = ٠,٤٢,$$

$$\text{ونظراً لأن المثال السابق } ٣٠^\circ \text{ تصبح تقريباً النسبة } ٠,٣٩ = \frac{b}{H_1} = ٢,١٤ \text{ م}$$

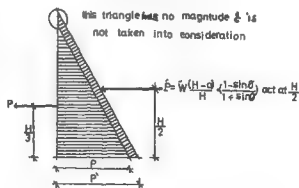
وبالحساب كانت النتيجة إلى $b = ٢,٠٧$ فلا مانع من استعمال الجدول عاليه في حدود الاستدلال فقط ولمعرفة النتيجة الحسابية صبح أم خطأ .

سادساً : طريقة استنتاج تأثير حمل مركز قريب من الحائط :

How to get the effect of a concentrated load near a retaining wall



طريقة استنتاج تأثير حمل مركز قريب من الحائط



$$\underline{P} = \frac{WH^2}{2} \left(\frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \right)$$

$$\underline{P'} = W \left(\frac{H - a}{H} \right) \left(\frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \right)$$

حيث : ارتفاع الحائط = H

\underline{P} = قوة أفقية تؤثر في $\frac{H}{2}$

\underline{P} = قوة أفقية تؤثر في $\frac{H}{3}$

W = الوزن النوعى للتربة .

\bar{H} = ارتفاع الحمل الإضافى بعد توزيعه على واحد متر .

W = وزن الحمل الإضافى المركز .

$\sin \phi$ = جيب زاوية الاحتكاك الداخلي للتربة .

لاستنتاج هذه القوانين يتبع الآتي :

Form bottom point (O) draw line inclined 45° meeting height of earth level at (E) .

It is assumed that w^- would have no effect on the retaining wall if it acts beyond point (E) .

The effect of the load is maximum if (w^-) act at distance (a) area near from point (G) .

Between E & G its effect is proportional to $\frac{H - a}{H}$

Assume w^- is replaced by an equivalent height of earth H^- giving same pressure as (w) distributed over area $H \times 1.00 M$

$$\therefore H_1 = \frac{w^- (H - a)}{H \cdot H \cdot w} \quad i : e = \frac{\text{Load}}{\text{area} \times \text{specific gravity}} = \frac{H^-}{H} \quad H w = \frac{w^- (H - a)}{H}$$

Where w^- = load per meter run of wall

w = specific gravity of earth

$$\therefore P = w H \left[\frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \right]$$

$$\therefore P = \frac{w H^2}{2} \left[\frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \right]$$

$$P^- = w (H + H^-) \left[\frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \right]$$

$$P^- = \frac{w (H - a)}{H} \left[\frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \right]$$

The small triangle at the top is imaginary .

نموذج رقم ٦ :

١ - المطلوب تصميم حائط ساند من الطوب عليه حمل إضافي مركز ببعده ٢ متر عن الحائط الداخل أعلا ومقداره ٦ طن ، والوزن النوعي للتربة ١,٨ طن / م^٣ ، وزاوية الاحتكاك الداخل ٣٠° ، وزن الطوب ٢ طن / م^٣ وجهد الطوب ٥ كجم / سم^٢ وارتفاع الحائط ٤,٥ م .

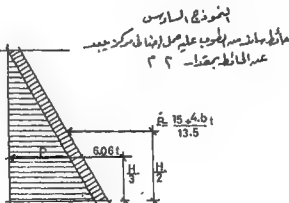
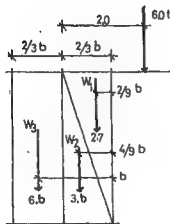
٢ - بعد تصميم الحائط يصمم أساس للحائط .

أولاً : من الخرسانة العادية .

ثانياً : من الخرسانة المسلحة .

ثالثاً : من الحوازيق الخشب .

رابعاً : من الحوازيق الخرسانة المسلحة .



(1) Design of Retaining wall :

$$P = \frac{w H^2}{2} \left[\frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \right] = \frac{1.8 \times 4.5^2}{2} \times .333 = 6.1 \text{ ton}$$

$$P = \frac{w (H - a)}{H} \left[\frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \right]$$

$$= \frac{6 \times (4.5 - (2.0 - \frac{2.b}{3}))}{4.5} \times .333 = \frac{27 - 12 + 4.b}{4.5} \times 0.333 = \frac{15 + 4.b}{13.5} \text{ ton}$$

$$w_1 = \frac{2}{3} b \times \frac{H}{2} \cdot w = \frac{2}{3} b \times \frac{4.5}{2} \times 1.8 = 2.7.b \text{ ton}$$

$$w_2 = \frac{2}{3} \cdot b \times \frac{H}{2} \times 2 = \frac{2}{3} b \times \frac{4.5}{2} \times 2 = 3.b \text{ ton}$$

$$w_3 = \frac{2}{3} b \times H \times 2 = \frac{2}{3} b \times 4.5 \times 2 = 6.b \text{ ton}$$

$$\text{Moment of all forces} \approx 0 = (w_1 + w_2 + w_3) \cdot .75 \text{ breadth i.e. } .75 \times \frac{b}{3}$$

أخذت المسافة b في الـ (middle four) لأن جميع الأحمال محورية .

$$B.M \approx 0 = \frac{P \times H}{3} + \frac{P \times H}{2} + w_1 \times \frac{2}{9} \cdot b + w_2 \cdot \frac{4}{9} b + w_3 \cdot b = (w_1 + w_2 + w_3) b$$

$$= 6.1 \times 1.5 \left(\frac{15 + 4.b}{13.5} \times 2.25 \right) + 2.7b \times \frac{2}{9} b + 3.b \times \frac{4}{9} b + 6.b \times b = (2.7b + 3.b + 6.6)b$$

$$= 3.77 \times b^2 + \frac{0.66 \times b + 11.65}{-0.66 \pm \sqrt{0.66^2 - 4 \times 3.77 \times 11.65}} = 1.85 \text{ m}$$

$$\therefore b = \frac{2 \times 3.77}{1.85} = 1.85 \text{ m}$$

$$\therefore b = 1.85 \text{ m}$$

$$\frac{2}{3} b = 1.233 \text{ m}$$

$$\frac{4}{3} b = 2.46 \text{ m}$$

$$x = 0.616 \text{ m}$$

$$w_1 = 2.7 \times 1.85$$

$$= 5 \text{ ton}$$

$$w_2 = 3 \times 1.85$$

$$= 5.55 \text{ ton}$$

$$w_3 = 6 \times 1.85$$

$$= 11.10 \text{ ton}$$

$$P = \frac{15 + 4 \times 1.85}{13.5}$$

$$= 1.66 \text{ ton}$$

Check of stress of wall :

$$\text{Total load} = 5 + 5.55 + 11.10 = 21.65 \text{ ton}$$

$$F = \frac{2 \text{ N}}{A} = \frac{2 \times 21650}{264 \times 100} = 1.64 \text{ kg/cm}^2 < 5 \text{ kg/cm}^2$$

سبق في النموذج (رقم ٥) عندما أردنا أخذ المزوم حول النقطة (O) تم الآتي :

$$B.M = 0 = \text{sum of all moments} = 0 = (w_1 + w_2 + w_3) \times \frac{2}{3} \text{ breadth} \therefore \frac{2}{3} \times \frac{4}{3} b = \frac{8}{9} b$$

وفي المثال (رقم ٦)

$$B.M = 0 = \text{sum of all moments} = 0 = (w_1 + w_2 + w_3) \times .75 \text{ breadth} \therefore \frac{4}{3} = b$$

وسنلقى الضوء على وضع المحصلة داخل أو (middle third) أو (middle fourth) .

If no tension is required at the base of the wall i.e. $e - x \leq \frac{b}{6}$

- First to rectangular section

a - From similarity of triangles

$$\frac{w}{H} = \frac{P}{b}$$

w & H & P is being known get b

b - for maximum economy combined

$$\text{with safety (i.e. } x) = \frac{b}{3}$$

$$\frac{w}{H} = \frac{P}{b}$$

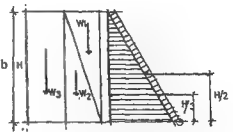
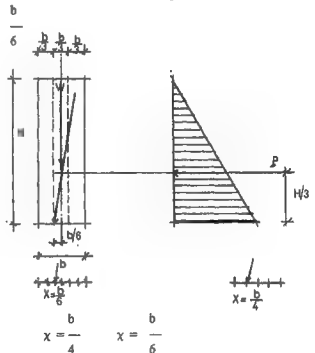
- Second general case

(a) If no tension is required to occur at wall base i.e. $x \leq \frac{b}{6}$

get w_1, w_2 & w_3 in terms of (b) take moments about (o) and get R by force polygon to all loads Reslove (R) into [VR & HR]

$$B.M = 0 = P \times \frac{H}{3} + P_1 \times \frac{H}{2} + w_1 \times \frac{2}{9} \cdot b + w_2 \times \frac{4}{9} \cdot b + w_3 \times b$$

$$= (w_1 + w_2 + w_3) \times \frac{8}{9} b \text{ or } b$$

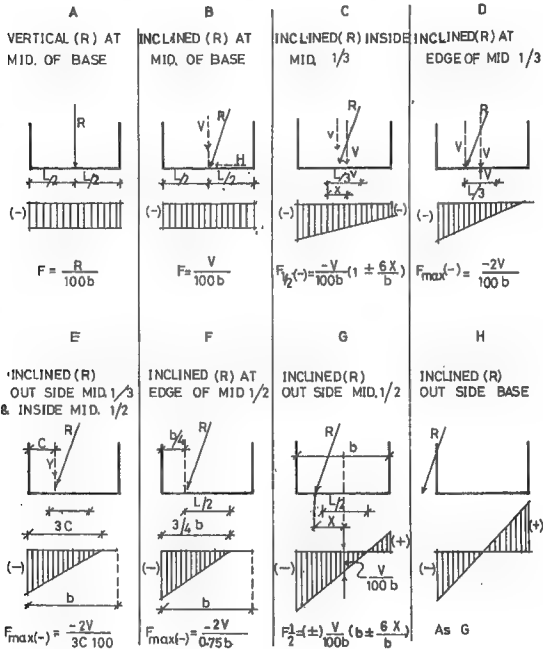


get b from equation & check cross section & stresses .

تستخرج المحصلة (R) من هذه الأحمال التي بالرسم عالية إما بطريقة (force polygon) أو بطريقة الحساب .

قبل أن نبدأ في تصميم الأساسات يجب دراسة طريقة تحليل الأحمال المؤثرة بقطاعات القواعد المختلفة والرسم التالى يبين هذه الطريقة .

طريقة تحليل الأحمال المؤثرة بقطاعات القواعد المختلفة



WHERE

R = Resultant

V = Vertical Component of Resultant

X = Eccentricity

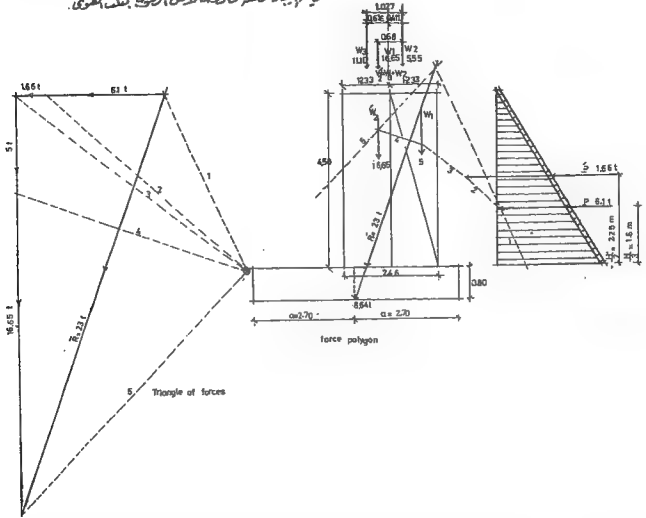
F = Actual stress \leq F Allowable

Design of foundation for retaining walls .

Force polygon & triangle of force

أولاً : طريقة إيجاد محصلة حائط ساند من الطوب بالرسم بطريقة ال
ثانياً : تصميم الأساسات للحوائط الساندة

طريقة إيجاد محصلة الحائط ساند من الطوب بالرسم بطريقة ال



First: How to check bottom section of the wall by drawing

- 1- Get resultant of all forces acting on this section including exterior forces suppose case of inclined back and concentrated load surcharge .
- 2- From example (6) get P , P' , w_1 and get w_2 instead of w_2 & w_3 to be equal to 16.65 ton and place then in a force polygon and get the value of an inclined R that is equal to the distance between the first & last point .
- 3- Take any polygon (o) and draw rays from its cross forces.
- 4- From the junction of first and last rays draw parallel to R' to cut base at χ .

لاستبدال w_3 & w_2 بمقدار w_2 التي سميت في الرسم بتبع الآتي :

من المعروف أن محصلة الثلث تقع في ثلث القاعدة فيأخذ العزم حول w_2 .
 $B.M = w_2 = 1.027 \times 11.10 = 16.65 \times \chi \quad \therefore \chi = .68 \text{ m}$

Second Design of foundation for retaining wall .

First : In ordinary concrete

- 1- Proceed R to meet the bottom level of foundation at distance (a) from right edge .
- 2- Get R_1 (resultant of R & w_d).
- 3- F = uniformly distributed stress on soil.

$$\frac{V(R_1)}{100} \leq F \text{ allowable of soil}$$

Check section at $\chi - \chi$

$$\text{B.M at } (\chi - \chi) = \underbrace{(F \times 1.00 \times \chi - \chi \times \frac{\chi}{2})}_{\text{due to upward stress}} - \underbrace{(t \times \chi \times 1.00 \times 2.1 \times \frac{\chi}{2})}_{\text{due to wight of foundation}}$$

حيث :

F = جهد التربة الخالص .

1.00 = متر واحد من القاعدة .

t = ارتفاع الخرسانة

D = ارتفاع الأضراس + t

$$E_2^1 = \frac{M \frac{t}{2}}{1.00 \frac{t^3}{12}} < F_c \text{ concrete } (2 \text{ kg} / \text{cm}^2)$$

$$\text{If not say } \frac{M \chi - \chi \times \frac{D}{2}}{1.00 \times \frac{D^3}{12}} = 2 \text{ kg} / \text{cm}^2 .$$

Place steps 50 cm height to get D provided $D \leq 2t$.B - To make maximum difference of stresses on soil between any two points $< 0.4 \text{ kg} / \text{cm}^2$.Suppose L is the necessary length of foundation which gives $0.4 \text{ kg} / \text{cm}^2$ difference lowest stress is the sum of 3 stresses as the diagram shows:

$$E_2^1 = \frac{V(R^-) \times \frac{L}{2}}{1.00 \frac{L^3}{12}} = \frac{4 \text{ ton} / \text{m}^2}{2} = \frac{6 V(R^-) (a - \frac{L}{2})}{L^2} = 2 \text{ ton}$$

VR & (a) are known get L

Then check section $\chi - \chi$ as before upward B.M equals area trapezium $\times y$ (from drawings) .

نموذج رقم (٧) :

المطلوب تصميم قاعدة من الخرسانة العادية وجهد التربة ١٠ طن / م^٢ وأقصى اختلاف في التربة هو ٤ كجم / سم^٢ للحائط الذي بنموذج رقم (٦) بجميع أبعاده والتي سبق لها رسم الـ Force polygon .

Design of foundation

$$\begin{aligned} \text{To get L} &= \frac{6 V(R^-) (a - \frac{L}{2})}{L^2} = \frac{4}{2} \text{ ton} = \frac{6 \times 21.65 (2.7 - \frac{L}{2})}{L^2} = 2 \text{ ton} \\ &= \frac{2L^2 - 350.73 - 64.59L}{-64.59} = \frac{\sqrt{64.59^2 - 4 \times 2 \times 350.73}}{2 \times 2} = \frac{2L^2 + 64.59L - 250.73}{2 \times 2} = 4.80 \text{ m} \end{aligned}$$

١٤٦ الإنشاء والإيثار

$$\text{weight of foundation (} W_4 \text{)} = .80 \times 2.1 \times 4.8 = 8.06 \text{ ton}$$

$$\text{Total of horizontal force (} \Sigma x \text{)} = 6.10 + 1.66 = 7.76 \text{ ton}$$

$$\text{Total vertical load (} \Sigma y \text{)} = 21.65 + 8.06 = 29.71 \text{ ton}$$

$$\text{Resultant of all forces (} R \text{)} = \sqrt{(29.71)^2 + (7.76)^2} = 30.69 \text{ ton}$$

$$\tan \alpha = \frac{21.65}{7.76} = 70^\circ$$

$$F \text{ to } W_4 = \frac{W_4}{1.00 \times L} = \frac{.8 \times 2.1 \times 4.8}{1.00 \times 4.80} = 1.7 \text{ ton / m}^2 \quad \text{الجهد للقاعدة العادية فقط}$$

$$F \text{ to } V (\bar{R}) = \frac{VR}{1.00 \times 4} = \frac{21.65}{4.80} = 4.51 \text{ ton / m}^2 \quad \text{الجهد للحائط نفسه}$$

$$F_2^1 = \frac{(VR \cdot x) \frac{L}{2}}{1.00 \times \frac{L^3}{12}} = \frac{21.65 \times 0.27 \times 2.4}{1.00 \times \frac{4.8^3}{12}} = 1.75 \text{ ton / m}^2 \quad \text{الجهد الناتج من الجهد المتغير}$$

حيث :

$$2.1 = \text{الوزن النوعي للخرسانة العادية بالطن .}$$

$$W_4 = \text{وزن القاعدة .}$$

$$t = \text{ارتفاع القاعدة} = .80$$

$$4.8 = \text{طول القاعدة الناتج من المعادلة السابقة .}$$

$$VR = \text{الحمل الرأسى الناتج من الحائط .}$$

$$(x) = 0.27 = \text{بعد المحصلة من منتصف القاعدة وتأخذ من الرسم .}$$

$$\therefore F_1 = 1.70 + 4.51 + 1.75 = 7.96 \text{ ton / m}^2$$

$$F_{\parallel} = 1.70 + 4.51 - 1.75 = 4.46 \text{ ton / m}^2$$

$$\text{The variation of stress} = 7.96 - 4.46 = 3.5 \text{ ton / m}^2 = .35 \text{ kg / cm}^2 < 1 \text{ kg / cm}^2$$

Check of stress a section at $x - x$

$$\text{The area of trapezium} = \frac{6.6 + 7.96}{2} \times 1.84 = 13.39 \text{ ton / m}^2$$

$$M_{x-x} = 13.39 \times 1.00 \times .85 - .80 \times 2.1 \times \frac{1.84^2}{2} \times 1.00 = 8.54 \text{ m.t}$$

$$F_I = \frac{M \times y}{I} = \frac{M \times D/2}{1.00 \times D^3} = \frac{8.55 \times .40}{1.00 \times .80^3} = 81.42 \text{ ton / m}^2$$

It is not allowable we put steps .

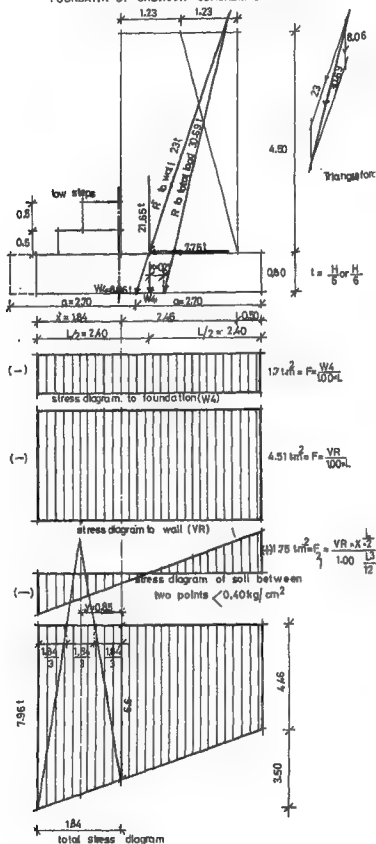
$$\text{To get } D = \frac{M_{x-x} \times D/2}{1.00 \times d^3 / 12} = 20 \text{ ton / m}^2$$

$$\therefore 8.55 \times \frac{D}{2} = \frac{D^3 \times 20}{12} \therefore \frac{8.55}{2} = \frac{D^3 \times 20}{12} = 1.60 \text{ m}$$

Taken two steps 50 cm height .

النموذج السابق : تصميم قاعدة من الخرسانة العادية في ظل سائر منسوبة الطوب

FOUNDATION OF ORDINARY CONCRETE RETAINING WALL



تموذج رقم ٨ :

المطلوب تصميم قاعدة من الخرسانة المسلحة وجهد التربة ١٠ طن / م^٢ وذلك للحائط الذى بالمثال رقم (٦) بجميع أحماله والذى سبق لها رسم الـ (Force polygon) .

الحل :

سنأخذ المقاسات التى سبقت فى المثال رقم (٥) وهى أن القاعدة طولها ٤,٨٠ م وارتفاع القاعدة ٨٠ سم .

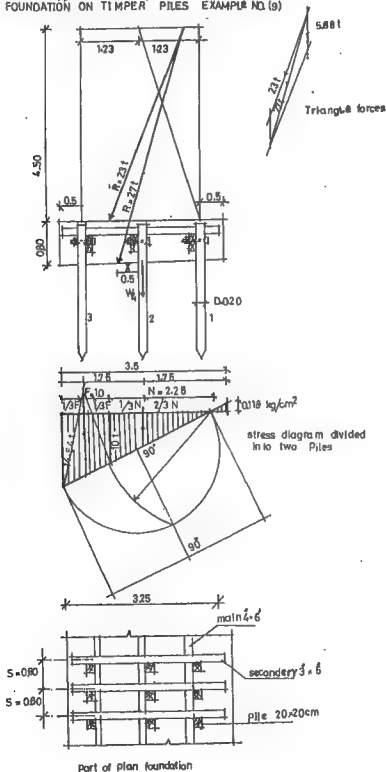
$$\begin{aligned}
 L &= 4.80 \text{ m} \\
 \text{Weight the base (} W_4 \text{)} &= 4.8 \times .80 \times 2.5 = 9.6 \text{ ton} \\
 \text{Load on soil / m}^2 \text{ (} F \text{)} &= \frac{W_4 + VR}{L \times 1.00} = \frac{9.6 + 21.65}{1.00 \times 4.8} = 6.51 \text{ ton / m}^2 < 10 \text{ ton / m}^2 \\
 M_{X-X} &= (F \times \bar{X} \times 1.00 \times \frac{\bar{X}}{2}) - (t \times 1.00 \times \bar{X} \times 2.5 \times \frac{\bar{X}}{2}) \\
 &= (6.51 \times 1.84 \times 1.00 \times \frac{1.84}{2}) - (.80 \times 1.00 \times 1.84 \times 2.5 \times \frac{1.84}{2}) = 7.635 \text{ m.t} \\
 \text{Check d when } f_c &= 55 \text{ kg / cm}^2 \text{ \& } K_1 = .334 \text{ \& } K_2 = 1227 \\
 d \text{ to B.M} &= K_1 \sqrt{\frac{M}{b}} = .334 \sqrt{\frac{763500}{100}} = 29 \text{ cm say 35 cm} \\
 d \text{ to shear} &= \frac{1.84 \times 6.51}{1.00 \times .87 \times 5} = \frac{12040}{100 \times .87 \times 5} = 27.67 \text{ cm take T } 50 \text{ cm} \\
 A_s &= \frac{M}{K_2 \cdot d} = \frac{763500}{1227 \times .87 \times 50} = 14.30 \text{ cm}^2 \text{ take } 11\phi 13 / \text{m} \\
 A_s &= .015\% \text{ AC} = \frac{15 \times 480 \times 50}{10000 \times 2} = 18 \text{ cm} = 26\phi 10 \text{ mm in top \& bottom} \\
 M_{X-X} \text{ when depth of base } &.50 \text{ m} \\
 M_{X-X} &= (6.51 \times 1.84 \times 1.00 \times \frac{1.84}{2}) - (.50 \times 1.00 \times 1.84 \times 2.5 \times \frac{1.84}{2}) = 8.914 \text{ m.t} \\
 A_s &= \frac{M}{K_2 \times .78 T} = \frac{891400}{1227 \times .87 \times 50} = 16.70 \text{ cm}^2 = 13\phi 13 / \text{m} \\
 \text{load on soil / m}^2 &= \frac{\text{weight of base } w_4 + \text{weight of wall}}{1.00 \times 4.80} \\
 &= \frac{4.8 \times .50 \times 2.5 + 21.6}{1.00 \times 4.8} = 6.04 \text{ ton / m}^2 < 10 \text{ ton / m}^2
 \end{aligned}$$

لا داعى فى القواعد الخرسانية المسلحة لرسم المحصلة لأنها لن تخرج عن نطاق هذا الحساب ولا داعى لتغيير حساب القص .

$$\begin{aligned}
 F_2^I &= \frac{-27.53}{1.00 \times 3.5} (1 \pm \frac{6 \times .50}{3.5}) \\
 F_1 &= -7.86 \times 1.85 = -14.54 \text{ ton / m}^2 \\
 F_2 &= 7.86 \times .15 = +1.18 \text{ ton / m}^2
 \end{aligned}$$

المخطط التاسع : تصميم قاعدة فوساة عازية على فوساة حديدية في ارض صلبة الطوب

FOUNDATION ON TIMBER PILES EXAMPLE NO (9)



To get number of compression piles use equation $N = \frac{A \times S}{F_c} =$

$$N = \frac{14.54 \times 3.25 \times 0.6}{2 \times 12} = 1.18 \text{ pile take two piles}$$

To get number of tension pile $= \frac{1.18 \times 0.50}{2 \times 12} = 0.2 \text{ pile take or neglect it}$

Check on compression piles :

pile No (3) $= \frac{14.5 + 10}{2} \times 1 \times .60 = 7.35 \text{ ton} < 12 \text{ ton}$

pile No (2) $= \frac{2.25 \times 10}{2} \times .60 = 6.75 \text{ ton} < 12 \text{ ton}$

Note total dimension taken from drawing .

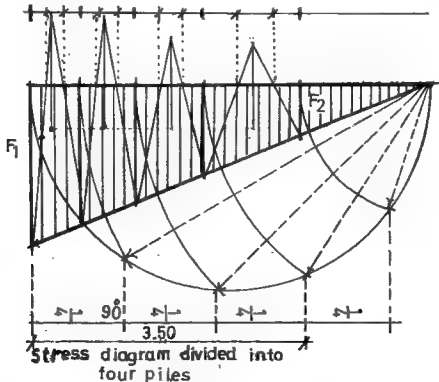
حيث $N =$ عدد الخوازيق .

$S =$ المسافة بين كل خازوقين = ٦٠ سم .

$F_c =$ ما يتحملة الخازوق الواحد بالطن = ١٢ طن .

ملحوظة : (١) لاستنتاج ما يتحملة الخازوق الواحد يتم عمل الرسم لخازوقين كما هو موضح بالرسم وفي حالة وجود أكثر من خازوقين يستعمل الرسم الثاني وهو مقسم إلى أربعة خوازيق، ويعتبر ما يتحملة الخازوق الواحد هو مساحة شبه المنحرف أو المثلث ويكون موضع الخازوق في مركز ثقل المثلث أو شبه المنحرف وإذا كان مثلثاً فمن المعروف أن مركز ثقل المثلث يقع في ثلث الارتفاع من ناحية القاعدة تقريباً وأما شبه المنحرف فيقسم قاعدة شبه المنحرف الأفقية إلى ثلاثة أقسام متساوية ثم يتم توصيل أركان القاعدة السفلى لهذه النقط فنقطه التلاق هي مركز ثقل شبه المنحرف وذلك التوزيع يحدث للقاعدة إذا كان بها Eccentricity فقط أما إذا كان العمود محورياً مع القاعدة فكل خازوق سيتحمل مثل الآخر .

٢ - استعمل الخازوق الثالث لعمل توازن مع القاعدة وإذا كان هناك بعض الشد أو الضغط يتحملة هذا الخازوق وكان من الممكن عدم استعماله ولكن في تنفيذ القاعدة الخشبية لابد من استعماله .



Notes to pile foundation for retaining R.C piles.

Pile foundation for retaining walls is used when good soil is deep or when sufficient width foundation is not available -

R = resultant of R^- & W_4 . Suppose it falls outside middle third of the base -

Stress diagram with be two triangles get F_1 & F_2 , A_1 & A_2 .

$$N_1 = \frac{A_1 S}{F_c} \quad \& \quad N_2 = \frac{A_2 S}{F_t}$$

Where :

S = spacing of pile rows

N = number of piles

F_c = capacity of pile in compression

F_t = capacity of pile in tension

Divide A_1 into N_1 equal areas & place compression pile at C.G of each strip area & place N_2 tension piles to resist tension zone of stress diagram .

نموذج رقم ٩٠ :

المطلوب تصميم قاعدة من الخرسانة المسلحة مركزة على خوازيق من الخرسانة المسلحة الذى يحمل بأمان لقوى الضغط ١٥ طن ، ١٠ طن لقوى الشد وذلك للحائط الذى بالمثال رقم (٦) بجميع أحماله والذى سبق رسم (Force polyogen) هذه الأحمال والمسافة بين كل صف من الخوازيق (3.D). ٦٠ سم مع الأخذ فى الاعتبار ما تم شرحه عن هذه الخوازيق بالملاحظات السابقة..

Design of foundation

Pile	= 20 x 20 cm	
S	= 3D = 3 x 20	= .60 m
T	= 60 cm	= .60 m
VR	=	= 21.65 ton
W_4	= 3.5 x .60 x 2.5	= 5.25 ton
X	= .55 m from drawing	= .55 m
F_2^1	= $\frac{VR}{A} (1 \pm \frac{6x}{b})$	
	= $\frac{-21.65 + 5.25}{3.5 \times 1.00} (1 \pm \frac{6 \times .55}{3.5})$	
F_1	= - 7.69 x - 1.94	= + 14.91 ton
F_2	= - 7.69 x + 0.6	= - .46 ton

To get number of compression pile use equation N =

$$N = \frac{14.91 \times 3.5 \times 0.6}{2 \times 15} = 1.04 \text{ pile}$$

Check of compression piles :

$$\text{pile No (3)} = \frac{14.91 + 11}{2} \times 1.00 \times .60 = 7.74 \text{ ton} < 15 \text{ ton}$$

$$\text{pile No (2)} = \frac{11 \times 2.5}{2} \times 1.00 \times .60 = 8.25 \text{ ton} < 15 \text{ ton}$$

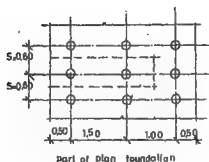
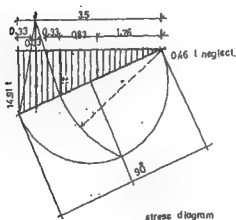
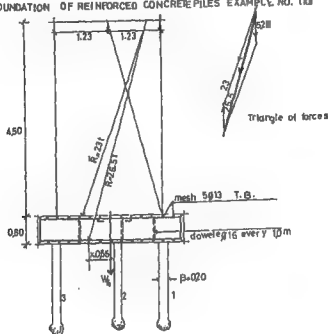
Check of shear to base :

$$\text{pile No (3)} = q_s = \frac{Q_s}{b \times .87d} = \frac{7740}{60 \times .87 \times .60} = 2.47 \text{ kg / cm}^2 < 5 \text{ kg / cm}^2$$

$$\text{pile No. (2)} = \frac{8250}{60 \times .87 \times 60} = 2.63 \text{ kg / cm}^2 < 5 \text{ kg / cm}^2$$

$$\text{Approximately } A_s = 0.2 \% A_c = \frac{60 \times 350 \times 2}{1000} = 42 \text{ cm}^2 \text{ take mech top \& bottem } 5\phi 13 / \text{m}^2$$

المعتمد في التصميم قاعدة هندسة الزلازل المبينة على طوائف
FOUNDATION OF REINFORCED CONCRETE PILES EXAMPLE NO. (10)



ملحوظة :

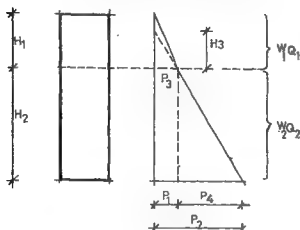
الخازوق رقم واحد وضع للاتزان أو لتحملة بعض الأحمال الثقيلة .

سابعاً :

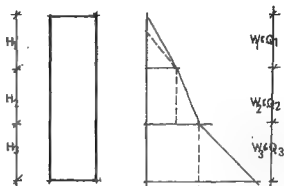
تأثير وجود طبقات مختلفة من التربة في الوزن والنوع على الحائط الساند .

The effect of the existence of different layers of soil that differ in weight & kind .

تأثير وجود طبقات مختلفة من التربة في الوزن والنوع على الحائط الساند



TWO LAYERS



THREE LAYERS

$$\text{First: } P_1 = W_1 \times H_1 \left[\frac{1 - \sin \phi 1}{1 + \sin \phi 1} \right] \quad \text{equation (1)}$$

Assume earth (H₁) to be replaced by earth of characteristics of earth (2) with a certain height (H₃) that will give at level (X) a pressure equal to (P₁).

$$P_3 = P_1 = W_2 H_3 \left[\frac{1 - \sin \phi 2}{1 + \sin \phi 2} \right] \quad \text{equation (2)}$$

$$P_2 = \text{Pressure of soil of characteristics (2) with a height (H}_2 \text{ \& H}_3) \\ = W_2 (H_2 + H_3) \left[\frac{1 - \sin \phi 2}{1 + \sin \phi 2} \right] \quad \text{equation (3)}$$

$$P_4 = P_2 - P_1 = W_2 (H_2 + H_3 - H_1) \left[\frac{1 - \sin \phi 2}{1 + \sin \phi 2} \right] \quad \text{equation (4)}$$

Now need for calculation H₃ & follow the method :-

A - Find P₁ from equation (1).

B - Draw vertical line downward .

C - Get P₄ from equation (4) .

Total pressure = sum of two triangles and rectangle .

نموذج رقم (١١) :

المطلوب تصميم حائط ساند لنوعين من التربة المختلفة في الوزن وزاوية الاحتكاك الداخلية حسب الفروض الآتية :

التربة العليا : H₁ = ١,٨ م ، W = ١,٤٠ طن / م^٣ ، زاوية الاحتكاك = ٣٠° .

التربة السفلى : H₂ = ٢,٧ م ، W = ٢,٢ طن / م^٣ ، زاوية الاحتكاك = ٣٥° .

وزن الطوب = ٢ طن / م^٣ .

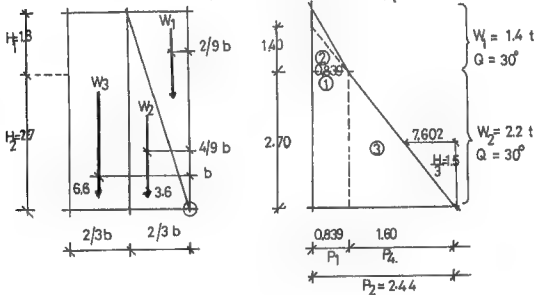
جهد الضغط على الطوب = ٥ كجم / سم^٢ .

Design of retaining wall

أولاً : لاستنتاج القوى المؤثرة والناتجة عن التربةين المختلفتين :

- ١ - حساب قوى التربة الضعيفة العلوية وينتج عنها P_3 وتساوى $P_1 = 8.39$ طن .
- ٢ - إسقاط هذه النقطة رأسياً إلى أن تلتقى قاعدة المثلث رقم (٣) ويظهر المستطيل (رقم ١) الذى قاعدته 8.39 ، طن .
- ٣ - استخراج قيمة H_3 من المعادلة $P_3 = P_1$ ويظهر المثلث رقم ٣ الذى ارتفاعه 1.40 .
- ٤ - استخراج قيمة P_2 وهو للتربة السفلية الثقيلة التى تحل محل التربة العليا بوزنها 2.2 طن ويظهر المثلث رقم (٣) .
- ٥ - طرح $P_1 - P_2$ ويظهر قاعدة المثلث رقم (٣) .
- ٦ - تجميع جميع الضغوط للمستطيل رقم (١) والمثلث رقم (٢) والمثلث رقم (٣) .
- ٧ - جميع النتائج السابقة من الحساب التالى :-

تصميم حائط ساند من الطوب لتوصليه من الأرضية متلففة في الحيز وزاوية درجته، ومعككات على الحائط الساند



$$P_1 = W_1 \times H_1 \left[\frac{1 - \sin \phi_1}{1 + \sin \phi_1} \right] = 1.8 \times 1.4 \left[\frac{1 - .50}{1 + .50} \right] \quad \text{معادلة رقم (١)} = .839 \text{ ton}$$

$$P_3 = P_1 = W_2 \times H_3 \left[\frac{1 - \sin \phi_2}{1 + \sin \phi_2} \right]$$

$$.839 = 2.2 \times H_3 \left[\frac{1 - .574}{1 + .574} \right] = 2.2 \times H_3 \left[\frac{.426}{1.574} \right]$$

$$H_3 = \frac{.839}{0.594} = 1.41 \text{ m}$$

$$P_2 = W_2 (H_2 + H_3) \left[\frac{1 - \sin \phi_2}{1 + \sin \phi_2} \right] = 2.2 (2.7 + 1.41) \left[\frac{.426}{1.574} \right] \quad \text{معادلة رقم (٣)} = 2.44 \text{ ton}$$

Total pressure = rectangle (1) + triangle (2) + triangle (3) .

$$\text{pressure of rectangle (1)} = 2.7 \times .839 = 2.262 \text{ ton}$$

$$\text{pressure of triangle (2)} = \frac{.839 \times 1.4}{2} = 0.587 \text{ ton}$$

$$P_4 = P_2 - P_1 = 2.44 - 0.839 = 1.6 \text{ ton}$$

$$\text{pressure of triangle (3)} = \frac{1.6 \times 2.7 \times 2.2}{2} = 4.75 \text{ ton}$$

$$\text{Total pressure} = 2.262 + 0.587 + 4.550 = 7.602 \text{ ton}$$

ثانياً : لتصميم الحائط يتبع الآتي :

$$\text{weight of the medium of two soils} = \frac{1.8 \times 1.4 + 2.7 \times 2.2}{2} = 1.88 \text{ ton / m}^3$$

$$w_1 = \frac{2}{3} b \times \frac{H}{2} \times w = \frac{2}{3} b \times \frac{4.5}{2} \times 1.88 = 2.82.b \text{ ton}$$

$$w_2 = \frac{2}{3} b \times \frac{H}{2} \times w = \frac{2}{3} b \times \frac{4.5}{2} \times 2 = 3.b \text{ ton}$$

$$w_3 = \frac{2}{3} b \times H \times w = \frac{2}{3} b \times 4.5 \times 2 = 6.b \text{ ton}$$

$$B.M = O = \text{sum of all moments} = O = (w_1 + w_2 + w_3) \times .75 \text{ breadth} \therefore \frac{4}{3} b \times \frac{3}{4} = b$$

$$\begin{aligned} B.M &= 7.602 \times \frac{4.5}{3} + w_1 \times \frac{2}{9} b + w_2 \times \frac{4}{9} b + w_3 b = (w_1 + w_2 + w_3) b \\ &= 7.602 \times 1.5 + 2.82.b \times \frac{2}{9} b + 3.b \times \frac{4}{9} b + 6.b \times b = (2.82.b + 3.b + 6.b) b = \\ &= 11.403 + .626 b^2 + 1.33b^2 + 6.b^2 = 11.82b^2 \\ &= 11.403 + 7.959b^2 - 11.82 b^2 = - 3.861.b + 11.403 \end{aligned}$$

$$.b^2 = \frac{11.403}{3.881} = 2.95$$

$$b = \sqrt{2.95} = 1.718 \text{ m}$$

Check of stress :

$$w_1 = 2.82 \times 1.718 = 4.844 \text{ ton}$$

$$w_2 = 3 \times 1.718 = 5.154 \text{ ton}$$

$$w_3 = 6 \times 1.718 = 10.308 \text{ ton}$$

$$\text{Total weight} = 4.844 + 5.154 + 10.308 = 20.306 \text{ ton}$$

$$\text{The breadth of base} = \frac{4}{3} \times 1.718 = 2.29 \text{ m}$$

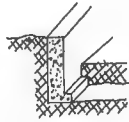
$$F = \frac{2N}{A} = \frac{2 \times 20306}{229 \times 100} = 1.773 < 5 \text{ kg / cm}^2$$

الحوائط الساندة من الخرسانة العادية المسلحة

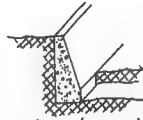
الباب الثالث

أولاً : الحوائط الساندة من الخرسانة العادية :

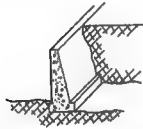
والتي تفرض لها أبعاد تقريبية وقاعدة الحوائط مصممة مع الحائط نفسه والأشكال التالية تبين بعض نماذج هذه الحوائط



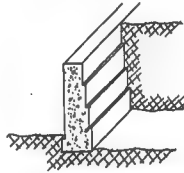
أ - حائط بطة انكسار



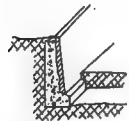
ب - حائط ذو وجه أمامي مائل



ج - حائط ذو وجه خلفي مائل



د - حائط ذو وجه خلفي مدبج



هـ - حائط ذو وجه أمامي مدبج

شكل يبين نماذج حوائط كتلية من الخرسانة العادية

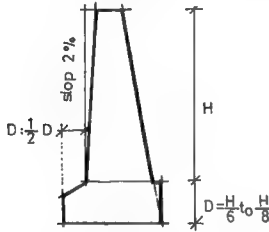
سبق أن تكلمنا عن الحوائط الساندة المبنية من الطوب بالطريقة التي يستتج منها أبعاد القاعدة والآن سنلقى الضوء على الحوائط المصنوعة من الخرسانة العادية والتي سيفترض لها أبعاد تقريبية ثم يتم عمل Check على هذا الحائط لإظهار هل الأبعاد التي فرضت تفي أم يعاد فرض أبعاد أخرى تفي بالإجهادات المطلوبة وتنحصر هذه الفروض في الآتي :

يمكن أخذ أبعاد الحوائط المبنية من الخرسانة العادية وهي من النوع الثقيل وعادة تأخذ شكل شبه منحرف ويكون الوجه الظاهر منها مائل من أسفل إلى أعلا بمقدار ١ : ٤ وأبعاد القاعدة تختار بحيث تقع محصلة وزن الحائط والأثربة وضغط التربة

في الثلث الأوسط للقاعدة ويختار سمك الحائط العلوي بقيمة $\frac{H}{12}$ على أن لا يقل عن ٣٥ سم ونظراً لجساسة هذه القطاعات فإن الإجهادات الناتجة عن وزن الحائط وتأثير ضغط التربة سيكون غالباً منخفضاً وعليه فإن خرسانة الدقشوم أو الخرسانة العادية تكون مناسبة لهذا النوع من الحوائط وعادة ما يكون أكثر القطاعات حرماً ذلك الذي يربط القدم ببقية الحائط وعليه فيجب حساب إجهادات الشد في أسفله وتكون حركة الحائط الساندة مكونة من مركبتين : إنزلاق إلى الخارج ودوران حول القدم مما يسبب حركة كبيرة نسبياً للنصف العلوي من الحائط وبسيطة للنصف السفلي نظراً لصغر مركبة الدوران قرب القاعدة .

035

أبعاد تقريبيّة لحائط ساند من الخرسانة العادية



050 : 070 H
Imperial Deimention

تصميم الحوائط الثقيلة :

تحسب القوى المؤثرة على الحوائط الثقيلة لشر واحد علماً بأن القوى المؤثرة على حائط ثقليل يتم حسب ضغط التربة الإيجابي باستخدام (نظرية رانكين) التي تفترض أن الحائط الرأسى ينتهى عند الطرف السفلى للكعب واتجاه الضغط موازى لسطح التربة . ويكون محصلة ضغط التربة هو المجموع الإتجاهى (sum - vectors) للقوة P ووزن ثلث التربة على ظهر الحائط W_p لتعطى مقدار واتجاه ضغط التربة وتحديد توزيع ضغط التربة على القاعدة السفلية للحائط تؤخذ العزوم للقوى المؤثرة (وزن الحائط وضغط التربة حول قدم الحائط Toe) ومن ذلك العزم يحدد بعد المحصلة عن القدم X

$$X = \frac{\text{sum of moment about the toe}}{\text{sum of vertical forces}}$$

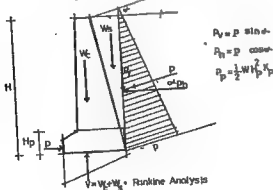
ويحسب معامل الأمان ضد الاتزان من نسبة قوى المقاومة إلى قوى التحرك ويجب ألا يقل عن ١,٥٠ للردم الرملى وعن ٢ للردم الطينى .

$$F_{SL} = \frac{\text{sum of resisting forces}}{\text{sum of driving forces}} \leq 1.5$$

ويجب أن يكون استقرار الحائط الساندة مضموماً بصورة تقريبية ، ضد الانقلاب والزحف استناداً إلى العلاقة التالية : $\frac{M_{st}}{M_{ov}} \geq 1.5$

حيث M_{st} = عزم الاستقرار
 M_{ov} = عزم الانقلاب الناجم عن ضغط والمأخوذ حول الحافة الأمامية للقاعدة

تحليل أوضاع علم الحائط الساندة بطريقة رانكى



$$P = \frac{WH^2}{2} \left(\frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \right)$$

$$= 1.8 \times \frac{6^2}{2} \times \frac{1}{3} \quad \text{acting at} \quad \frac{H}{3} = 10.8 \text{ ton}$$

$$P^- = W^- \times H \left(\frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \right) = 1.5 \times 6 \times \frac{1}{3} \quad \text{acting at} \quad \frac{H}{2} = 3, \text{ ton}$$

$$W_1 = \frac{.22 \times 5.20}{2} \times 2.2 = 1.25 \text{ ton}$$

$$W_2 = 5.20 \times .50 \times 2.2 = 5.72 \text{ ton}$$

$$W_3 = \frac{1.79 \times 5.20}{2} \times 2.2 = 10.23 \text{ ton}$$

$$W_4 = \frac{1.79 \times 5.20}{2} \times 1.8 = 8.38 \text{ ton}$$

$$W_5 = .40 \times 5.20 \times 1.8 = 3.75 \text{ ton}$$

$$W_6 = .80 \times 3.3 \times 2.2 = 5.81 \text{ ton}$$

$$\Sigma V = 1.25 + 5.72 + 10.23 + 8.28 + 3.75 + 5.81 = 35.14 \text{ ton}$$

$$\Sigma M = \text{toe} = 1.25 \times .50 + 5.72 \times .86 + 10.23 \times 1.70 + 8.38 \times 2.29 + 3.75 \times 3.10 + 1.65 \times 5.81$$

$$+ 4.65 \times .43 - 10.8 \times 2 - 3 \times 3$$

$$= 0.62 + 4.91 + 17.39 + 19.19 + 11.62 + 9.59 + 1.99 - 21.6 - 9 = 32.71 \text{ m.t}$$

Check of over turning :

$$F_{ov} = \frac{M_{st}}{M_{ov}} > 1.5 = \frac{0.62 + 4.91 + 17.39 + 19.19 + 11.62 + 9.59}{-21.6 - 9} = \frac{61.32}{30.60} = 2.003 > 2$$

حيث إن :

F_{ov} = معامل أمان التحرك .

M_{st} = العزم الحائلي للقوى التي تعمل على الاستقرار (مجموع عزم القوى الرأسية) .

M_{ov} = العزم الحائلي للقوى التي تعمل على التحرك (مجموع عزم القوى الأفقية) .

To get eccentricity :

$$x^- = \frac{\Sigma M}{\Sigma y} = \frac{32.71}{35.14} = 0.93 \text{ m}$$

$$x = \frac{L}{2} - x^- = \frac{3.3}{2} - 0.93 = 0.72 \text{ m} \quad > \frac{L}{6} < \frac{L}{4}$$

حيث ΣM = مجموع قوى العزم عند القدم (toe) .

ΣY = مجموع الأحمال الرأسية .

x^- = بعد المحصلة عن القدم .

x = اللامركزية بين المحصلة ومتصف القاعدة .

$$\text{moment about middle of Base} = EVx \therefore 72 \times 35.14 = 2530 \text{ m.t}$$

لإستنتاج الجهد على التراب تستعمل القوانين الآتية :

$$F_2^1 \frac{VR}{A} \pm \frac{6M}{bt^2} = \frac{VR}{L} \pm \frac{6M}{L^2} \quad \text{أو} \quad F_2^1 \frac{-VR}{L} \left(1 \pm \frac{6x}{L} \right) - 1$$

ونظراً لأن هاتين المعادلتين لا تستعملان إلا في حالة ما إذا كان X أقل من أو تساوى $\frac{L}{6}$ والانفصال بين القاعدة والتربة يتكون عند الكعب وفي تلك الحالات يكون عرض التلامس بين القاعدة والتربة مساوٍ لثلاث مرات بعد المحصلة عن القدم وتقرآن قيمة الإجهاد الأكبر F وتستعمل المعادلة التالية :

$$F = \frac{\frac{2}{3} V}{\left[\frac{L}{2} - x \right]}$$

$$F_1^2 = \frac{-VR}{L} \left(1 \pm \frac{6x}{L} \right) = \text{(Middle third)}$$

$$= \frac{-35.14}{3.3} \left(1 \pm \frac{6 \times .72}{L} \right) = -10.64 \pm 13.92 \therefore F_1 = +24.56 \text{ ton / m}^2 \text{ \& } F_2 = -3.28 \text{ ton}$$

هذا الجهد عالٍ وعليه سيزيد طول القاعدة بمقدار ٢٥ سم من ناحية القدم مع استمرار جميع الحسابات التي تمت مع إضافة ٢٥ سم بمقدار العزم الحائى وبعد الحساب بالطريقة الآتية مع عدم تغيير (ΣV)

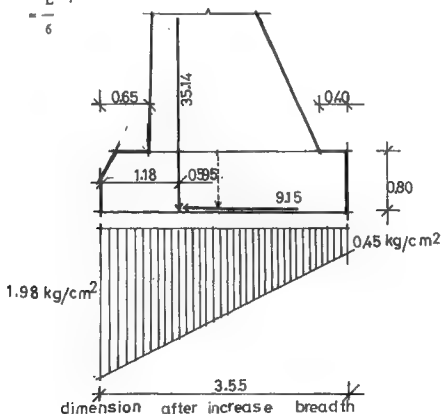
$$\Sigma M = toe = \Sigma M + .25 \Sigma V$$

$$\Sigma M = toe = 32.71 + .25 \times 35.14 = 32.71 + 8.78 = 41.49 \text{ m.t}$$

$$\bar{x} = \frac{\Sigma M}{\Sigma V} = \frac{41.49}{35.14} = 1.18 \text{ m}$$

$$x = \frac{L}{2} - \bar{x} = \frac{3.55}{2} - 1.18 = 0.595 \text{ m}$$

$$\therefore x = 595 = \frac{L}{6}$$



$$F_2^I = \frac{-VR}{L} \left(1 + \frac{6x}{L}\right) = -\frac{35.14}{3.55} \pm \frac{35.14 \times 6 \times .595}{3.55 \times 3.55} = -9.89 \pm 9.95$$

$$F_1 = +19.84 \text{ ton / m}^2 = 1.984 \text{ kg / cm}^2 < 2.5 \text{ kg / cm}^2 \text{ \& } F_2 = +.45 \text{ ton / m}^2$$

$$\text{Check of ordinary concrete} = \frac{35140 \times 2}{355 \times 100} = 1.96 \text{ kg / cm}^2 < 2.2 \text{ kg / cm}^2$$

من الممكن إعادة الحساب على أساس القاعدة ٣,٥٥ م وفي هذه الحالة سيزيد مقدار العزم الحافى الناتج من الأحمال الرأسية وسيظل العزم الحافى الناتج من القوى الأفقية ثابت وبهذا سيصبح X أقل من القيمة المعطاه سابقاً وهذا يعطى أمان أفضل .

يكون استقرار الحائط الساند مصمماً بصورة تقريبية بإحدى المعادلتين التاليتين :

$$(I) F_{SL} = \frac{\Sigma V \times F}{P} \geq 1.2 = \frac{35.14 \times .55}{13.8} = 1.40 \geq 1.2 \text{ مواصفات روسية 2, 1}$$

حيث :

$$\Sigma V = \text{مجموع الأحمال الرأسية} = 35.14 \text{ ton}$$

$$F = \text{معامل احتكاك الخرسانة مع التربة ويوجد مساوياً لما يتراوح في حدود ٣, إلى ٦, وتبعاً لنوع وحالة التربة (التربة رملية طينية)} = .٥٥$$

$$P = \text{مجموع القوى الأفقية} = ١٠,٨ + ٣ = ١٣,٨ \text{ طن .}$$

حسب الكود المصرى : معامل الأمان ضد الانزلاق إلى الأمام .

$$\text{معامل الأمان لا تقل عن (٢) = } \frac{\text{القوى المقاومة للانزلاق على مستوى قاع القاعدة}}{\text{القوى المسببة للانزلاق على مستوى قاع القاعدة}} \text{ لا تقل عن (٢) .}$$

$$\text{Driving force} = P + P' = 10.8 + 3 = 13.08 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} \text{Resisting force} &= P_p + \Sigma y \tan \phi \text{ let } \phi 30 \\ &= 4.65 + 35.14 \times 0.577 = 20.27 \\ &= \frac{20.27}{13.08} = 1.550 \geq 1.50 \end{aligned}$$

حيث

هناك بعض المواصفات تنص على أنه إذا كانت التربة عند الـ toe مقلقة ولم يوجد P_p والأرض تحت القاعدة لها جهد تماسك

$$(C) \text{ جيد فيمكن قسمة } \frac{\text{resisting force}}{\text{driving force}} < 1.5 \text{ ولكن في حالتنا هذه } P_p \text{ موجودة. لأن التربة عند الـ toe غير مقلقة ولكن لو أهملنا هذه القوة تكون النتيجة الآتية :}$$

$$\begin{aligned} \text{Resisting force} &= 3.55 \times 8 \times .75 = 21.3 \text{ ton} \\ \text{driving force} &= 3 + 10.8 = 13.8 \text{ ton} \\ F_{SL} &= \frac{21.3}{13.8} = 1.54 < 1.5 \end{aligned}$$

حيث :

$$3.55 = \text{طول القاعدة .}$$

$$8 = \text{تماسك التربة } C .$$

$$.75 = \text{نسبة من تماسك التربة } C' .$$

$$13.8 = \text{مجموع القوتين الأفقيتين الناتجتين عن التربة للحائط الساند .}$$

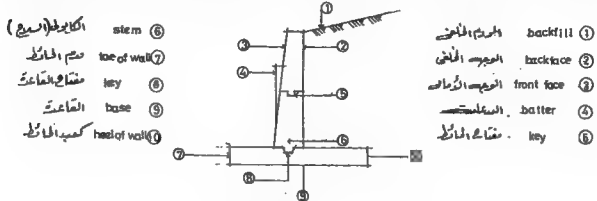
كما يلاحظ إهمال قوة الشد P_p التى تولد فى الطبقة السطحية من التربة لعمق Z_0 (فى حالة ضغط التربة الفعال) ويمكن حساب هذا العمق Z_0 نظرياً من المعادلة التالية :

$$Z_0 = \frac{2c}{W \sqrt{K_a}}$$

٢ - حوائط ذات دعائم خلفية (counter - forts) وهى عبارة عن بلاطة رأسية أو مائلة ترتبط بقاعدة عبارة عن بلاطة أفقية بواسطة دعائم خلفية ترتبط معها ملبثاً ، كما هو موضح بالشكل التالى - ويمكن تخفيف الضغوط الجانبية على ساق الحائط بعمل بروزات أفقية (أرفف) مثبتة على الدعائم .

٣ - حوائط ذات دعائم أمامية (Butresses) وهى عبارة عن بلاطة رأسية أو مائلة ترتبط مع القاعدة ، عبارة عن بلاطة أفقية بواسطة سدادات أمامية ترتبط معها ملبثاً .

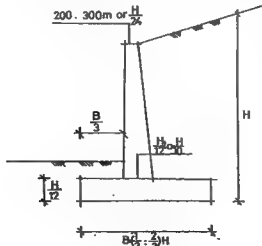
ولكى يكون الحائط السائد ناجحاً فإنه يلزم أن يكون آمناً ضد الانقلاب over turning وكذلك ضد الدوران Excessive tilting وأخيراً يجب أن يكون ذا قطاعات اقتصادية وأمنة إنشائياً فى آن واحد وهناك بعض الاصطلاحات المصاحبة عادة للدراسة الأتزان وتصميم القطاعات والرسم التالى يبين الاصطلاحات لحائط ساند كابولى وتشمل تلك الاصطلاحات ما لى :



الاصطلاحات المستخدمة لحائط ساند كابولى

القيم العملية لأبعاد الحوائط الكابولية : Cantilever wall

أبعاد الحوائط السائدة وتناسبها يجب أن يحقق الاتزان الإنشائى للحوائط وللتربة المسندة وأن يوافق الكود المصرى للمنشآت السائدة ويمكن استخدام هذه الأبعاد فى غياب معلومات كافية عن التربة المسندة وقدرة تحمل التربة أسفل الأساس وهذه الأبعاد للاستدلال فقط ولكن يجب بدء الحساب بها ثم تعديل بعد إتمام الحساب التام إذ لزم ويختار سمك السلاح العلوى ٣٠٠ ملم وذلك لإمكان الصب والدمك ويختار السمك السفلى للكابولى لمقاومة إجهادات القص بدون الحاجة لتسليح خاص للقص . ويجب اختيار أبعاد القاعدة بحيث تقع المحصلة فى الثلث الأوسط من القاعدة حتى نتجنب الإجهادات العالية عند القدم . ويجب أن يكون هناك ميل الوجه الحائط على أن الحوائط ذات الارتفاعات التى تقل عن ثلاثة أمتار تنفذ بسمك ثابت وكذلك حوائط الأساسات وذلك لتقليل نفقات أعمال النجارة المسلحة . كما أن تحمل التربة أسفل القاعدة يكون ذا تأثير فى اختيار هذا العمق .



مقايير تصميمية لحائط ساند كابولى (R.C) Empirical dimension to (R.C) retaining wall

$$P = \frac{H^2}{2} \times \cos \alpha \left[\frac{\cos \alpha - \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi}}{\cos \alpha + \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi}} \right]$$

$$= \frac{1.6 \times 6.98^2}{2} \times .96 \left[\frac{.96 - \sqrt{.96^2 - .86^2}}{.96 + \sqrt{.96^2 - .86^2}} \right]$$

$$= \frac{1.6 \times 6.98^2}{2} \times .96 \times .39 = 16.42 \text{ ton}$$

$$P_h = P \cos 15^\circ = 16.42 \times .96 = 15.76 \text{ ton}$$

$$P_v = P \sin 15^\circ = 16.42 \times .258 = 4.24 \text{ ton}$$

$$P_p = \frac{1}{2} W \times H_p^2 \times K_p = \frac{1}{2} \times 1.8 \times 1.5^2 \times 3.9 = 7.89 \text{ ton}$$

$$W_1 = \frac{.30 \times 5.9}{2} \times 2.5 = 2.22 \text{ ton}$$

$$W_2 = .30 \times 5.9 \times 2.5 = 4.44 \text{ ton}$$

$$W_3 = 1.80 \times 5.9 \times 1.8 = 19.16 \text{ ton}$$

$$W_4 = \frac{.48 \times 1.8}{2} \times 1.8 = 0.78 \text{ ton}$$

$$W_5 = .60 \times 3.60 \times 2.5 = 5.40 \text{ ton}$$

Wall stability :

$$\Sigma.M = \text{toe} = 1.4 \times W_1 + 1.65 \times W_2 + 2.7 \times W_3 + 3 \times W_4 + 1.80 \times W_5 + P_v \times 3.6 + .50 \times P_p - 2.33 P_h$$

$$= 1.4 \times 2.22 + 1.65 \times 4.44 + 2.7 \times 19.16 + 3 \times .78 + 1.8 \times 5.40 + 4.24 \times 3.6 + .50 \times 7.89 - 2.33 \times 15.76$$

$$= 3.10 + 7.33 + 51.73 + 2.34 + 9.72 + 15.26 + 3.95 - 36.72 = 56.71 \text{ m.t}$$

$$\Sigma.V = P_v + W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 = 4.24 + 2.22 + 4.44 + 19.15 + 0.78 + 5.40 = 36.23 \text{ ton}$$

Check of over turning

$$F_{oy} = \frac{\Sigma \text{Resisting moment}}{\Sigma \text{Overturning moment}} > 1.5$$

$$= \frac{93.43}{36.23} = 2.57 > 1.5$$

To get eccentricity (x) :

$$\bar{x} = \frac{\Sigma M}{\Sigma V}$$

$$x = \frac{L}{2} - \bar{x}$$

$$x = \frac{\Sigma.M}{\Sigma.V} = \frac{56.71}{36.23}$$

$$x = \frac{L}{2} - \bar{x} = \frac{3.6}{2} - 1.56$$

$$\Sigma.M = \text{base} = \Sigma V \times x = 36.23 \times .24 = 8.70 \text{ m.t}$$

حيث :

\bar{x} = مسافة اللامركزية

\bar{x} = المسافة من نهاية الكعب إلى الداخل

$\Sigma.M$ = مجموع العزوم

$\Sigma.V$ = مجموع الأحمال الرأسية

L = طول القاعدة

$$F_2^I = \frac{-VR}{L} \left(1 \pm \frac{6x}{L} \right) = \frac{36.23}{3.60} \left(1 \pm \frac{6 \times .24}{3.60} \right) = -10.06 \pm 4.03 \quad F_1 = 14.07 \quad \& \quad F_2 = 6.03 \text{ ton / m}^2$$

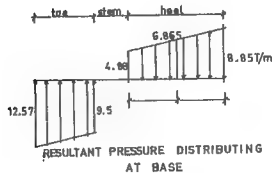
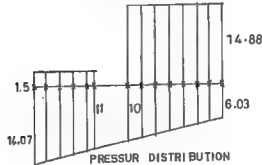
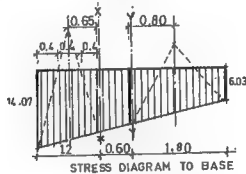
Check of sliding :

$$\begin{aligned} \text{Driving force} &= P_h = 15.76 \text{ ton} \\ \text{Resisting force} &= P_v + \Sigma V \tan \phi = 6.07 + 36.23 \times .577 = 26.98 \text{ ton} \\ F_{\text{sliding}} &= \frac{26.98}{15.76} = 1.712 > 1.5 \end{aligned}$$

Design of heel

هناك طريقتان لأخذ العزم

(١) طريقة تقريبية وهى أن تأخذ العزم المحاك حول y - y وتأخذ المقاسات إما من الرسم الدقيق أو من الحساب ويتم كالآتي من الرسم التالى :



$$\begin{aligned} B.M. = y - y &= \frac{6.03 + 10}{2} \times 1.8 \times .80 - (W_3 \times .90 + W_4 \times 1.2 + 4.42 \times 1.8 + 1.8 \times .60 \times 2.5 \times .90) \\ &= 8.015 \times 1.8 \times .80 - (19.16 \times .90 + .78 \times 1.2 + 4.42 \times 1.8 + 2.43) \\ &= 11.54 - (17.244 + .936 + 7.956 + 2.43) \\ &= 11.540 - 28.566 = 17.020 \text{ m.t} \end{aligned}$$

(٢) طريقة دقيقة وتستنتج من أخذ العزوم من محصلة توزيع الضغط على القاعدة .

(resultant pressure distribution on base)

$$\text{Total pressure on heel/m} = \frac{19.16 + .78 + 4.42 + 2.43}{1.8} = \frac{27.06}{1.8} = 14.88 \text{ ton / m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Resultant pressure distribution on heel} &= 14.88 - 6.03 = 8.85 \text{ ton / m}^2 \\ &\& 15.03 - 10 = 4.88 \text{ ton / m}^2 \end{aligned}$$

$$B.M = y - y = 4.88 \times 1.80 \times .90 + 3.97 \times 1.8 \times \frac{1.8 \times 2}{3} = 16.480 \text{ m.t}$$

١ - عند أخذ العزم تم تقسيم الشبه منحرف الذى ارتفاعه ٨,٨٥ ، ٤,٨٨ إلى مستطيل ارتفاعه ٤,٨٨ ، مثلث ارتفاعه ٣,٩٧ ثم أعطت العزوم في مركز ثقل كل منهما كما سبق .

٢ - بالمقارنة بين الطريقة (١) ، (٢) نجد أن الفرق = ١٧,٠٢٠ - ١٦,٤٨٠ = ٥٤٠ م. طن وهذا فرق بسيط ويعتبر هذا فرق ضعيف جداً بالنسبة إلى B.M ولكن الطريقة (٢) تساعدنا في استنتاج قوى القص واتماسك .

$$d = K_1 \sqrt{\frac{M}{b}} = .361 \frac{\sqrt{1648000}}{100} = 46.3 \text{ cm say } T \ 0.55$$

$$A_s = \frac{M}{k_2 \cdot d} = \frac{1648000}{1237 \times .87 \times 55} = 27.84 \text{ cm}^2$$

$$\text{when we take } T = 60 \therefore A_s = \frac{1648000}{1237 \times .87 \times 60} = 25.52 \text{ cm}^2 \text{ take } 10\phi 19 \text{ / m}^2$$

Check of shear :

$$Q_s = \frac{4.88 + 8.85}{2} \times 180 = 12.327 \text{ ton}$$

$$q_s = \frac{12327}{100 \times .87 \times 60} = 2.36 \text{ kg / cm}^2 < 5 \text{ kg}$$

$$q_b = \frac{12327}{60 \times .87 \times 10 \times 3.14 \times 1.9} = 3.95 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ kg}$$

$$\bar{A}_s = .025\% A_c = \frac{100 \times 60 \times 25}{10000} = 15 \text{ cm}^2 \text{ say } 8 \phi 16/\text{m}$$

كما سبق في تصميم الـ heel سيتم تصميم الـ toe بطريقتين كالآتي :

(١) الطريقة التقريبية نأخذ العزوم حول $x - x$ ولم يأخذ وزن الأتربة فوق الـ toe ويأخذ وزن الخرسانة فقط .

$$\begin{aligned} B.M = x - x &= \frac{14.07 + 11}{2} \times 1.2 \times .65 - (60 \times 1.2 \times 2.5 \times .60) \\ &= 9.777 - 1.08 = 8.697 \text{ m.t} \end{aligned}$$

(٢) الطريقة الدقيقة يأخذ العزوم من محصلة توزيع الضغط .

$$\begin{aligned} \text{pressure of slab} &= .60 \times 2.5 = 1.5 \text{ ton / m}^2 \\ \text{Resultant pressure distribution on toe} &= 14.07 - 1.500 = 12.57 \text{ ton / m}^2 \\ &= 11 - 1.500 = 9.5 \text{ ton / m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B.M = x - x &= 9.5 \times 1.2 \times .60 + \frac{3.07 \times 1.2}{2} \times 1.2 \times \frac{2}{3} = \\ &= 6.840 + 1.473 = 8.313 \text{ m.t} \end{aligned}$$

(٤) نأخذ مساحة المثلث ونضرب في $\frac{1}{3}$ الارتفاع ويكون الناتج العزم الذي سيؤثر على أى قسم من الأقسام الأربعة .

(٥) نأخذ مساحة كل مثلث وهى التى سيؤثر فى قوى القص .

وعليه يتم الحساب كالآتى :

bending moment

B.M at pt A	$= \frac{4.33 \times 6.38}{2} \times \frac{6.38}{3}$	$= 29.37 \text{ say } 30 \text{ m.t}$
B.M at B	$= \frac{3.248 \times 4.785}{2} \times \frac{4.785}{3}$	$= 12.39 \text{ say } 13 \text{ m.t}$
B.M at C	$= \frac{2.165 \times 3.19}{2} \times \frac{3.19}{3}$	$= 3.67 \text{ say } 4 \text{ m.t}$
B.M at D	$= \frac{1.08 \times 1.595}{2} \times \frac{1.595}{3}$	$= 0.457 \text{ say } 1 \text{ m.t}$

Shearing forces :

Q_3 at pt A	$= \frac{6.38 \times 4.33}{2}$	$= 13.81 \text{ ton say } 14 \text{ ton}$
Q_3 at B	$= \frac{3.248 \times 4.785}{2}$	$= 7.77 \text{ ton say } 8 \text{ ton}$
Q_3 at C	$= \frac{2.165 \times 3.19}{2}$	$= 6.905 \text{ ton say } 7 \text{ ton}$
Q_3 at D	$= \frac{1.08 \times 1.595}{2}$	$= 0.89 \text{ ton say } 1 \text{ ton}$
$A_s = .025 \times A_c$	$= \frac{25 \times 70 \times 100}{10000}$	$= 17.5 \text{ cm}^2 \text{ say } 6\phi 19$

depth at point A = $d = K_f \sqrt{\frac{m}{b}}$	$= .361 \sqrt{\frac{3000000}{100}}$	$= 63 \text{ cm say } T 70 \text{ cm}$
---	-------------------------------------	--

$q_s = \frac{Q}{b \times .87 \times T}$	$= \frac{14000}{100 \times .87 \times 70}$	$= 2.29 \text{ kg / cm}^2 < 5 \text{ kg / cm}^2$
$A_s = \frac{M}{k_2 \times .87 \times T}$	$= \frac{3000000}{1237 \times .87 \times 70}$	$= 39.82 \text{ cm}^2 \text{ take } 11\phi 22$

check of bond	$= \frac{14000}{11 \times 2.2 \times 3.14 \times .87 \times 70}$	$= 3.5 \text{ kg / cm}^2 < 8$
----------------------	--	-------------------------------

depth at point B	$= .361 \sqrt{\frac{1300000}{100}}$	$= 43 \text{ cm say } T 55 \text{ cm}$
------------------	-------------------------------------	--

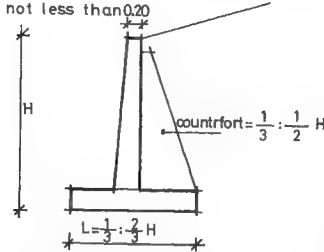
q_s	$= \frac{8000}{100 \times .87 \times 55}$	$= 2.67 \text{ kg / cm}^2 < 5$
A_s	$= \frac{1300000}{1237 \times .87 \times 55}$	$= 22 \text{ cm}^2 \text{ say } 7\phi 22$

check of bond	$= \frac{8000}{7 \times 2.2 \times 3.14 \times .87 \times 55}$	$= 3.45 \text{ kg / cm}^2 < 8$
----------------------	--	--------------------------------

depth at point C	$= .361 \sqrt{\frac{400000}{100}}$	$= 23 \text{ cm say } T 30 \text{ cm}$
------------------	------------------------------------	--

الحوائط الساندة ذات الدعامات الخلفية

سبق تعريف الحوائط ذات الدعامات الخلفية counter forts وهي عبارة عن بلاطة رأسية أو مائلة ترتبط بقاعدة عبارة عن بلاطة أفقية بواسطة دعامة خلفية ترتبط معها مائلياً كما في الشكل التالي ويمكن تخفيف الضغوط الجانبية على ساق الحائط بعمل كميرات أفقية مثبتة على الدعامات .



الابعاد التقريبية لحائط ساند من الخرسانة المسلحة ذو دعامات

FIRST DIMENSION TO COUNTERFORT WALL

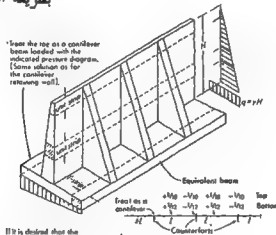
تعتبر الحوائط الساندة ذات الدعامات (الشدادات) أبسط طرق تصميمها هي :

(١) الحائط الرأسى stem : هذا الحائط عبارة عن شرائح مستمرة ومركزة على الدعامات وأن القوى المؤثرة فيه هو ضغط التربة الماظر لكل شريحة والتي يأخذ عرضها متر أو يقسم هذا الحائط إلى أربعة مسافات متساوية وتلك الشرائح

تحسب لها العزم مثل حساب الكميرات وهي $-\frac{wL^2}{12}$ ، $+\frac{wL^2}{10}$ ، ولكن الشريحة السفلية تحسب على أنها $-\frac{wL^2}{12}$ لأنها مثبتة من أعلا ومن أسفل .

شكل يبين تصميم الحوائط ذو الشدادات

بطريقة الشرائح



It is desired that the counterfort moment equal interior counterfort moments take $kl=0.41$

Use $\frac{wL^2}{12}$ for top strips of stem with an average "q" on a unit strip

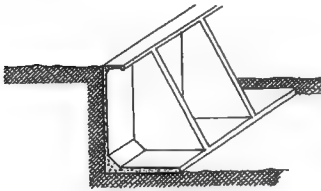
Use $\frac{wL^2}{12}$ for strips over the bottom of stem because of fully of stem to base

Use $\frac{wL^2}{12}$ for all strips to the heel, use an average net q for the heel pressure; consider both $\pm H$ and the upward acting soil pressure

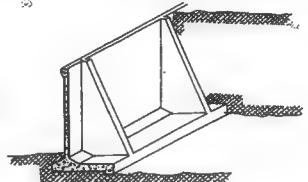
(٢) الكعب : heal : يتبع نفس الأسلوب ويقسم إلى شرائح مستمرة ولا تزيد عن متر وهي معرضة لوزن التربة فوقها بالإضافة إلى وزن البلاطة مطروحاً منه ضغط التلامس الناظر تحت كل شريحة .

(٣) القدم toe : فيصمم كما تم تصميمه في الحائط الكابولي السابق شرحه وهي أن يأخذ العزم عند الحائط لوزن بلاطة القدم مطروحاً منها ضغط التلامس .

(٤) الدعامة counter fort : تصمم الدعامة لتحمل عزم انحناء كابولي ارتفاعه H وعادة ما يكون قطاع الشد الخرسانى أكثر من كاف لمقاومة إجهادات العزم وقوى القص المؤثرة ويستحسن أن تعمل كممرات أفقية مثبتة على الدعامة وبحسب حديد التسليح اللازم للشد نتيجة العزم وبعد جيداً في القاعدة السفلية (بلاطة الكعب بطول رباط بطول لا يقل عن $\phi 50$ كما يجب توفير حديد شد رأسى في أسفل الشد لربط البلاطة السفلية (الكعب) بالشد أو يتحمل قوى الشد المباشر الناجم عن رد الفعل ، والرسومات التالية تبين شكل حائط ذو دعامة خلفية والآخر ذو دعامة أمامية .



شكل بييم حائط ذو دعامة أمامية



شكل بييم حائط ذو دعامة خلفية

النموذج الرابع عشر :

المطلوب تصميم حائط ساند ذو دعامة وذلك للفروض التى تمت بالمثال رقم (١٣) مع الأخذ في الاعتبار جميع النتائج السابقة التى تصلح لحل المثال رقم ١٤ علماً بأن المسافة بين كل دعامة من المحور إلى المحور ٣,٥ م .

Design of stem :

١ - سبق أن قسمنا ارتفاع ال stem إلى أربعة أقسام فسنعتبر هذه الأقسام هى أربعة شرائح وينفس الأبعاد السابقة وبحسب قيمة الضغط الجانبى من مساحة كل قسم وهو المؤثر على الحائط والرسم السابق في النموذج الثالث عشر Earth pressure بين المساحات المؤثرة في الضغوط ومن المعروف أنها طريقة تقريبية وتتلخص في التالى :

To get B.M to four strips :

$$\text{B.M to three strips} = \frac{w \times L^2}{10} \quad \& \quad \text{the strip near bottom} = \frac{wL^2}{12}$$

حيث : w = مساحة المثلث أو الشبه منحرف الناتج من المعادلة السابقة .

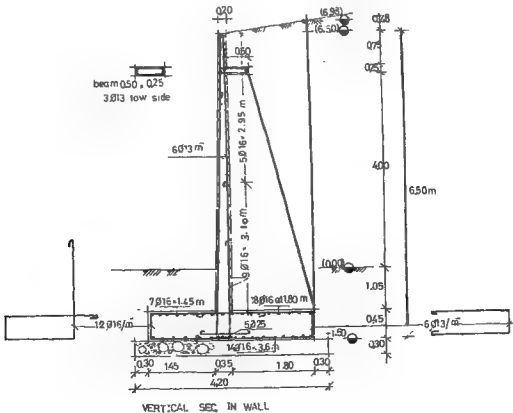
L = المسافة من المحور إلى المحور في تقسيط الدعامة يساوى ٣,٥ م .

$$\begin{aligned} \text{B.M strip -No (1)} &= \frac{1.595 \times 1.08}{2} \times 3.5^2 \\ &= \frac{10}{10} = 1.10 \text{ m.t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{B.M.S trip No (2)} &= \frac{1.08 + 2.165}{2} \times 1.595 \times 3.5^2 \\ &= \frac{10}{10} = 3.17 \text{ m.t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \frac{2.165 + 3.248}{2} \times 1.595 \times 3.5^2 \\
 \text{B.M. strip No (3)} &= \frac{10}{10} = 5.28 \text{ m.t} \\
 & \frac{3.248 + 4.33}{2} \times 1.595 \times 3.5^2 \\
 \text{B.M. - strip No (4)} &= \frac{12}{12} = 6.169 \text{ m.t} \\
 & \frac{3.248' + 4.33}{2} \times 1.595 \times \frac{3.10}{2} \\
 Q_s \text{ max to strip (4)} &= \frac{9366}{2} = 9.366 \text{ ton} \\
 & \frac{5 \times .87 \times 100}{\sqrt{\frac{616900}{100}}} \\
 d \text{ to resist shear} &= 21.35 \text{ cm} \\
 & \frac{616900}{1237 \times .87 \times 35} \\
 d \text{ to resist B.M} = K_1 \sqrt{\frac{m}{b}} &= 361 \sqrt{\frac{616900}{100}} = 29 \text{ take T 35 cm} \\
 & \frac{M}{k_2 \cdot d} \\
 A_s \text{ to strip (4)} &= \frac{616900}{1237 \times .87 \times 35} = 16.37 \text{ cm}^2 \text{ take } 9\phi 16 \\
 & \frac{1237 \times .87 \times 32}{317000} \\
 A_s \text{ to strip (3)} &= \frac{1237 \times .87 \times 32}{317000} = 16.84 \text{ cm}^2 \text{ take } 9\phi 16 \\
 & \frac{1237 \times .87 \times 29}{35 \times 100 \times 25} \\
 A_s \text{ to strip (2)} &= \frac{1237 \times .87 \times 29}{35 \times 100 \times 25} = 10.15 \text{ cm}^2 \text{ take } 5\phi 16 \\
 A_s = .25\% \text{ to } A_c &= \frac{35 \times 100 \times 25}{10000} = 8.75 \text{ cm}^2 \text{ take } 7\phi 13
 \end{aligned}$$

المنزلة الرابع عشر : تصميم حائط ساند ذو دعامة



Design of heel :

from the resultant pressure we divide the heel to two stirrups & take stirrups No (5)

$$\text{To get pressure to } Q_1 = \frac{8.85 + 6.865}{2} \times \frac{3.10}{2} = 12.178 \text{ ton / m}^2$$

$$\text{to get pressure to B.M} = \frac{8.85 + 6.865}{2} = 7.857 \text{ ton}$$

$$\text{Negative B.M} = \frac{7.857 \times 3.5^2}{10} = 9.62 \text{ m.t}$$

$$\text{Positive B.M} = \frac{7.857 \times 3.5^2}{12} = 8.02 \text{ m.t}$$

$$d = K_1 \sqrt{\frac{M}{b}} = .361 \sqrt{\frac{962000}{100}} = 36 \text{ cm say } T = 45 \text{ cm}$$

$$d \text{ to shear } = \frac{12178}{100 \times 5 \times .87} = 28 \text{ cm}$$

$$A_s - V_e = \frac{M}{k_2 \cdot d} = \frac{962000}{1237 \times .87 \times 45} = 19.86 \text{ cm}^2 \text{ } 10\phi 16 / \text{m} = 18\phi 16 \text{ at } 1.8 \text{ m}$$

$$A_s + = \frac{802000}{1237 \times .87 \times 45} = 16.54 \text{ cm}^2 \text{ } 9\phi 16 / \text{m}$$

$$A_s^- = 0.15\% A_c = \frac{3.60 \times 45 \times 15}{10000} = 24.6 \text{ cm}^2 \text{ say } 14\phi 16 \text{ at } 1.8 \text{ m}$$

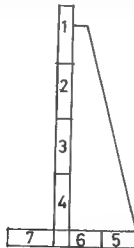
Design of toe :

This toe make as cantilever and take B.M from resultant pressure .

$$\text{B.M} = 9.5 \times 1.45 \times \frac{1.45}{2} + \frac{2.77 \times 1.45}{2} \times \frac{1.45}{3} = 10.95 \text{ m.t}$$

$$A_s = \frac{M}{k_2 \cdot d} = \frac{1095000}{1237 \times .87 \times 45} = 22 \text{ cm}^2 = 12\phi 16$$

ملحوظة : كان المفروض إعادة حساب محصلة نهائى الضغط حيث إنه حسب سابقاً على أساس أن عرض الكعب ١,٢٠ م وهو الآن ١,٤٥ م فلا يوجد فرقاً كبيراً علمياً بأنه قد استعمل ذراع العزم ١,٤٥ بدلاً من ١,٢٠ .

Design of counterfort :

STRIPS IN COUNTERFORT

B.M to counterfort

$$= \text{B.M at stem Junction for cantilever } (30 \text{ m.t.}) \times L$$

$$\& \text{ (spacing between two counterfort } = 3.5 \text{ m}$$

$$= 30 \times 3.5 = 105 \text{ m.t.}$$

$$d = K_1 \sqrt{\frac{M}{b}}$$

$$= .361 \sqrt{\frac{10500000}{205}} = 82 \text{ cm}$$

Actual depth

$$= 205 \quad \& \text{ let } b = 30 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{M}{k_2 \cdot d}$$

$$= \frac{10500000}{1237 \times .87 \times 195} = 50 \text{ cm}^2 \text{ take } 14\phi 22$$

الحديد الذى يقاوم الفصل بين الدعامة والسلاح :

force on strip No (4)

$$= \frac{4.33 + 3.248}{2} \times 1.595 = 6.04 \text{ ton / m}^2$$

A_s

$$= \frac{6.04 \times 3.20}{1.4} = 13.8 \text{ cm}^2 \text{ take } 5\phi 13$$

vertical two sides

الحديد الذى يقاوم الفصل بين الرجل والدعامة :

from design of heel take force = 7.857 ton / m²

$$= \frac{7.857 \times 3.20}{1.4}$$

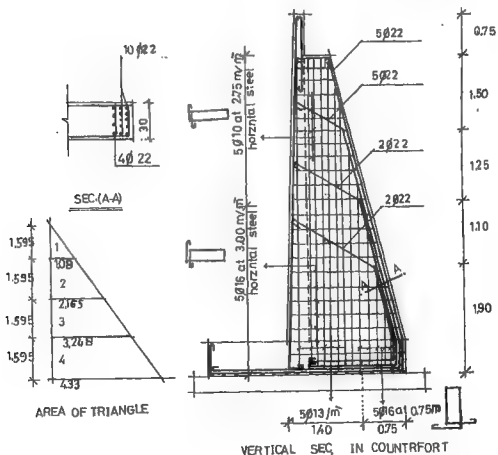
A_s

$$= 17.95 \text{ cm}^2 \text{ take } 5\phi 16$$

vertical two sides

المخطط الرابع عشر

مقاطع في دعامة طراز ساندس، الخرسانة المسلحة



الجزء
الرابع

تصدع المباني وعلاجها

مقدمة

في الآونة الأخيرة وبالأذات منذ ١٩٦٦ بدأت بشكل

ملحوظ انتبهات المباني تتزايد في جمهورية مصر العربية بنسبة كبيرة ، وكان من الواجب على المتخصصين في مثل هذه الأعمال أن يبتعدوا حلولاً لهذه المشاكل ، ومن أهم أسباب هذه المشاكل عدم وجود الوعي الكافي لدى جمهور المهندسين الذين يعملون بهذا الحقل ، وقد زاد الطين بلة بعد زلزال ١٧ أكتوبر سنة ١٩٩٢ فظهر تهديد في مبانى جديدة بسبب الإهمال في التصميم أو التنفيذ أو الاثنين معاً ، فكان لزاماً على المتخصصين التقىب عن الأسباب بالسؤال والفحص ثم التشخيص السليم بالتحليل والدراسة لوصف العلاج الخاص بالمعالجة أو بالدواء منع الحرس على الوقاية لمنع المرض من الحثوث أصلاً لأن الوقاية خير من العلاج ، ولهذا حاولت محاولة متواضعة بكتابة هذا الجزء لىنى بالفرض مقسماً إلى ثمانية أبواب :

الباب الأول : هو مثلث ذو ثلاثة أضلاع ويشمل على ثلاثة فصول :

الفصل الأول : مواصفات دقيقة للمواد المستخدمة في الحرسنة .

الفصل الثانى : تصميم الأساسات ودراسة المياه الجوفية وحماية الأساسات من أملاح التربة - أحمال الزلازل - التفاصيل الإنشائية وإعداد الرسومات .

الفصل الثالث : التنفيذ من بدء الترتيبات الخاصة بالقوالب والشدات حتى آخر عملية التنفيذ .

الباب الثانى : الشروع في المباني ويشمل على ثلاثة فصول :

الفصل الأول : المخصص للنهجي الذى يجب اتباعه في ملاحظة تصدع المباني وتحديد الإصلاحات المطلوبة .

الفصل الثانى : تصدع المنشآت خلال العشر سنوات بجمهورية مصر العربية وأسبابها .

الفصل الثالث : أنواع الشروع في المباني الجاهزة وأنواع الشروع في المباني العادية وتحتصر في ٢٤ نوعاً من الشروع ودراسة أسبابها وعلاجها بالإضافة إلى عيوب في الحرسنة ذات أسباب متعددة .

الباب الثالث : ويشمل على اختبارات الحرسنة وينقسم

إلى أربعة فصول :

الفصل الأول : الاختبارات على الحرسنة أثناء التنفيذ وأسس الاختبارات .

الفصل الثانى : زيارة الموقع وفحص المبني من الخارج ومن الداخل .

الفصل الثالث : اختبارات الحرسنة غير المتلفة ويشمل على خمسة عشر نوعاً من الاختبارات .

الفصل الرابع : اختبارات الحرسنة المتلفة ويشمل على اختيار القلب الحرساني - تحميل العناصر والمنشآت الحرسانية .

الباب الرابع : ويشمل على مواد الإضافة وعرسنة الترميم ومواد اللصق ومكون من خمسة فصول :

الفصل الأول : مواد الإضافة الخاصة للمواصفات الأمريكية A. S. T. M جميع حروفها .

الفصل الثانى : أعمال الترميمات ومكون من سبعة أنواع من الحرسانات الخاصة بالترميم .

الفصل الثالث : البوريمرات واللدائن الإيوكسية مع شرح والى لطريقة استعمال اللدائن ومواصفاتها وجميع الاختبارات الخاصة بمواد اللصق .

الفصل الرابع : استعمال المواد الأندروكربونية في مقاومة تآكل عرسنة الأسمنت والحديد الصلب .

الفصل الخامس : عزل للمنشآت عند تأثير الماء بجميع أنواعه وشروطه .

الباب الخامس : الإصلاحات الغير إنشائية والشروع الإنشائية والغير إنشائية ويشمل على فصلين :

الفصل الأول : الإصلاحات الغير إنشائية التي لا تؤدي إلى زيادة قدرة العضو الحرساني وإصلاح هذه الشروع .

الفصل الثانى : الشروع الإنشائية وطريقة تنفيذ الأعمال للمساعدة لنجاح وترميم الشروع .

الباب السادس : طريقة ترميم وتقوية وعلاج العناصر الإنشائية المختلفة وينقسم إلى أربعة فصول :

الفصل الأول : تدعيم جميع أنواع البلاطات وتحتصر في سبعة بنود .

الفصل الثالث : تخفيض مياه الرشح وحماية الأساسات ويشمل على أربعة أمثلة لمباني مختلفة .

الباب الثامن : أعمال المباني : معايير المعالجة والزلازل والأحمال ويشمل على خمسة فصول :

الفصل الأول : طريقة البناء ومكونة من ٣٠ بنناً لجميع الاحتمالات اللازمة .

الفصل الثاني : إنشاء الدبش وشروطه ورسومات تنفيذية لطريقة البناء الصحيح وأسباب انهيار المباني بالطوب أو الحجر .

الفصل الثالث : معايير المعالجة والطريقة المثل لعمل المعالجة لوقع واسع به عدد كثير من المباني .

الفصل الرابع : الزلازل وطريقة التصميم - العناصر التي يجب اتخاذها لحماية المباني بالطوب من الزلازل .

الفصل الخامس : الأحمال ويشمل جميع أنواع الأحمال المؤثرة على المباني وتأثير قوة ضغط الرياح .

وأخيراً نطلب من الله التوفيق .

المؤلف

الفصل الثاني : تدعيم الكمرات وتنحصر في عشرة بنود لجميع أنواع التدعيم .

الفصل الثالث : تدعيم وتقوية الأعمدة وتنحصر في خمسة بنود ومثال يشمل تدعيم للبلاطة والكمرات والأعمدة في مبنى واحد ومثالين آخرين .

الفصل الرابع : تدعيم الأساسات ويشمل على الأسباب الجيوتكنيكية لتصديق المنشآت وتدعيم جميع أنواع الشروخ وتقوية وعلاج الأساسات السطحية والعميقة مع أمثلة لعلاج مبانى كاملة للأساسات والأعمدة والكمرات والبلاطات وعدة أمثلة أخرى .

الباب السابع : آثار الرطوبة - الطبقات العازلة للحرارة والرطوبة - تخفيض مياه الرشح ويشمل على ثلاثة فصول :
الفصل الأول : آثار الرطوبة في إحداث تصدعات المباني وطرق التعامل معها وعلاج كل نوع .

الفصل الثاني : الطبقات العازلة للرطوبة ومواد إشراق الأسطح وجميع أنواع الدهانات .

المواد والتصميم والتنفيذ

الكتاب الأول

مقدمة :

الأخرى في المسؤولية هو المهندس المشرف على التنفيذ متلوياً عن المالك وقد لا يكون هو المهندس المصمم للمشروع .

كيف تحدث هذه الانهيارات المتتالية لمبان حديثة البناء في دولة علمت العالم أجمع كيف تكون الحضارة وكيف تكون العمارة عبر تاريخ طويل ؟ كيف يحدث هذا في بلد أرسى قواعد مزاوله مهنة الهندسة المعمارية والإنشائية والتخطيط العمراني ؟.

ظاهرة خطيرة لمرض خطير بدأ يستشري في جسم المدينة ليس في مدينة القاهرة الكبرى وحدها والتي في طريقها أن تصبح طامة كبرى ، لم يخطئ مارتين لوتر حيناً وصف العمارة بقوله : إنها سجل لعقائد المجتمع ولم يخطئ فيكتور هيجو حيناً وصفها بقوله : إنها هي المرأة التي تنعكس عليها ثقافة الشعوب ونهضة تطوره أو يرئد شو حيناً قال بأنها هي الصفحة التي تقرأ عليها الشعب ومعنى ذلك كله أن العمارة تنعكس صورة المجتمع بجميع مراحلها ، وأخيراً تنحصر المشاكل الناتج عنها هذا الانهيار في :

مثلث مقفل ذو ثلاثة أضلاع ويتلخص في الآتي :

أولاً : المواد ومدى مطابقتها للمواصفات وهي مسؤولية المهندس المنفذ .

ثانياً : التصميم ، وينقسم إلى :

أ (دراسة الأساسات وهي مسؤولية مهندس ميكانيكا التربة .
ب (دراسة الهيكل الخرساني هي مسؤولية المهندس الإنشائي .

ثالثاً : التنفيذ ، وينقسم إلى :

أ (مراعاة التنفيذ حسب ما جاء بالرسومات التنفيذية .
ب (مطابقة المواصفات في الخلطات ومواعيد فك الشدات وخلافه :

ج (مراعاة جودة المواد العازلة للحرارة في الأساسات .
د (دورات المياه وكذا جودة الطليقات العازلة للحرارة .

هـ (مراعاة عمل الفواصل اللازمة لتفادي الهبوط الغير منتظم سواء أكان في الأساسات أو في الأسقف .
و (جودة الشدات الخشبية .

ليس من الغريب حقاً أن يفاجأ المجتمع ، أي مجتمع ، بانهيار مبنى أو مجموعة مباني أو حتى بأكمله نتيجة زلزال عنيف أو هزة أرضية مدمرة أو هبوط عاصفة هوجاء يعقها أمطار غزيرة مستمرة على شكل سيول كما يحدث أحياناً في أنحاء متفرقة من العالم وليس بغريب أيضاً أن ينهار مبنى أو مجموعة من المباني حديثة أو قديمة نتيجة لبوط التربة وانفجار ماسورة مياه أو مجرى ضخمة ، وليس بغريب أن ينهار مبنى خلوث تغيرات وتعديلات مستمرة بدخله أو بخارجة أو تحويلة لأداء غرض أو وظيفة أخرى غير التي أنشئ من أجله المبنى أو إضافة أحمال على أسقفه لم تؤخذ في الاعتبار عند وضع التصميم قبل البناء .

ولكن الغريب فعلاً أن ينهار مبنى فجأة حديث البناء من المفروض أن يكون تم بناؤه طبقاً لأسس التصميم وشروط التنفيذ والمواصفات الفنية ومواد البناء وطرق الإنشاء ، ومن المفروض أنه صُدر به ترخيص من جهة حكومية مسؤولة وهي الجهة المشرفة على تصميم المباني الخاص بتوجيه أזהدم أعمال البناء وكذلك القرار الوزاري لوزارة الإسكان والتصميم رقم ٢٣٧ لسنة ١٩٧٧م باللائحة التنفيذية ثم القانون ١٣٦ لسنة ١٩٨١م ثم القانون ٢٥ لسنة ١٩٩٢م .

حيث تنص كل هذه القوانين على أنه لا بد من مراجعة رسومات المشروع فنياً ومعمارياً وإنشائياً قبل استلام الترخيص بالبناء وتحديد كمية مواد البناء الأساسية المطلوبة مثل الحديد والأسمنت والخشب .

كيف يحدث انهيار لمبنى فجأة ويتحول إلى كمية من التراب والأقاض في ثوان وقد اشترك في إنشائه وتحمل مسؤليته أطراف بموجب عقود مكتوبة أو غير مكتوبة وهي : المالك أو ما يسمى برب العمل وهو صاحب الأرض والمال والبرنامج ، ثم المهندس المصمم للمشروع والمكلف بتحضير الرسومات والمستندات اللازمة للتنفيذ بموجبها وهو المسؤول الأول والمتضمن في المسؤولية مع المالك ، والمقاول الذي يتولى أعمال البناء ، وهذا المقاول هو الطرف الثالث الذي يقع عليه عبء المسؤولية ، ثم هناك طرف رابع لا يقل أهمية عن الأطراف

١٩٨٦ « الأسمت البورتلاندى المقاوم للكبريتات » أو الأسمت البورتلاندى الحديدى المطابق للمواصفات القياسية المصرية ٩٧٤ / ١٩٦٩ .

وتتبع طرق الاختبارات المذكورة فى المواصفات القياسية المصرية لكل نوع من أنواع الأسمت ، وطرق الاختبارات الكيميائية حسب المين بالمواصفات القياسية المصرية رقم م ق م ٤٧٤ / ١٩٦٣ « طرق الاختبارات الكيميائية للأسمت البورتلاندى » .

ثانياً : الركام : يكون ركام الخرسانة - الزلط والرمل - من حبيبات صلبة قوية الاحتمال ونظيفة خالية من الخلفات المتصلة ، وتكون المقاسات المختلفة للحبيبات موزعة توزيعاً منتظماً فى الركام المستعمل ولا تحوى حبيبات الركام على مواد ضارة لمكونات الخرسانات مثل الأملاح وبيروت الحديد أو الفحم أو الميكا أو الطين أو ما يشابهها من المواد ذات الرقائق الطينية أو الحبيبات الرقيقة أو الشوائب العضوية ويخضع إلى م : ق : م ١١٠٩ سنة ١٩٧١ ركام الخرسانة من المصادر الطبيعية وتعديلياً .

يكون الركام من الأنواع المستخرجة من عاجر الصحراء المحممة ، ويكون متدرجاً حسب المين بالجدول التالى (أ) للركام الكبير : الزلط ، والجدول التالى (ب) للركام الرفيع : الرمل ، الذى يعطى الخرسانة الخواص المطلوبة ويسهل تشغيلها فى مواضعها وبدون انفصال .

علماً بأن البند ثالثاً مسؤلية المهندس المنفذ مسؤلية تامة حيث عليه أن يراجع جميع الرسومات وفى حالة عدم التصميم بالأمان الكافى للأساسات والهيكل الخرسائى عليه مراجعة المهندس المصمم للمنشأ ككل ولذلك يجب أن يكون المهندس المنفذ على درجة من الخبرة الممتازة وإلمامه بجميع بنود التنفيذ بجميع أحواله .
(و) عدم التفريط قيد أهلة إلى المقاول سواء أكان فى المصنعات أو فى المواد ولذلك يجب انتقاء المقاول المعروف بظهاره يده وضميره وهذا مهم جداً للمهندس المنفذ .
وسنشرح كل بند على حدة :

الفصل الأول

المواد المستعملة فى الخرسانة :

أولاً : الأسمت : المستعمل فى التنفيذ يكون من النوع البورتلاندى العادى أو الأسمت البورتلاندى سريع التصلد ، حديث الصنع والمطابق للمواصفات القياسية المصرية رقم م ق م ٣٧٣ / ١٩٨٤ « الأسمت البورتلاندى العادى وسريع التصلد » أو من الأسمت البورتلاندى المقاوم للكبريت إذا احتاج الأمر إلى استعماله فى بعض الأعمال على أن يكون مطابقاً للمواصفات القياسية المصرية رقم م ق م ٥٨٣ /

جدول (أ) يبين النسب المثوية لمقاسات الركام الكبير « الزلط »

النسبة المثوية بالوزن لما يمر من المناخل القياسية المصرية - الحجم الاعتيادى للحصى المتدرج .			متنخل الفحص حسب المواصفات القياسية المصرية *	
١٥ - ٥ م	٢٠ - ٥ م	٤٠ - ٥ م	رقم المتنخل	العرض الاسمى للفتحة - م
—	—	١٠٠٪	٣	٧٦,١
—	—	—	٤	٦٤,٠
—	١٠٠٪	٩٥ - ١٠٠٪	٧	٣٨,١
١٠٠٪	٩٥ - ١٠٠٪	٤٠ - ٧٠٪	١١	١٩,٠
٩٠ - ١٠٠٪	—	—	١٤	١١,٢
٤٠ - ٨٠٪	٢٥ - ٥٥٪	١٠ - ٣٠٪	١٥	٩,٥
١٠ - ١٠٠٪	١٠ - ١٠٠٪	٠ - ٥٪	١٩	٤,٧٦

(*) طبقاً للمواصفات القياسية المصرية رقم م ق م ٤٣٦ - ١٩٦٣ مناخل الاختبار

جدول (ب) يبين النسب المثوية لمقاصات الركام الرفيع - الرمل

النسبة المثوية للوزن لما يمر من المناخل القياسية المصرية - الحجم الاعياري للفحص المدرج				متغل الفحص حسب المواصفات القياسية المصرية	
المنطقة الأولى	المنطقة الثانية	المنطقة الثالثة	المنطقة الرابعة	رقم المنخل	العرض الاسمي للفتحة مم
٪١٠٠	٪١٠٠	٪١٠٠	٪١٠٠	١٥	٩,٥٠
١٠٠ - ٩٠	١٠٠ - ٩٠	١٠٠ - ٩٠	١٠٠ - ٩٠	١٩	٤,٧٦
٩٠ - ٦٠	١٠٠ - ٨٠	١٠٠ - ٧٥	١٠٠ - ٩٥	٢٣	٢,٣٨
٦٠ - ٣٠	١٠٠ - ٧٥	٧٠ - ٥٥	١٠٠ - ٩٠	٢٦	١,٤١
٣٥ - ١٥	٨٠ - ٦٠	٦٠ - ٣٥	١٠٠ - ٨٠	٣١	٠,٥٩٥
٢٠ - ٥	٤٠ - ١٠	٣٠ - ١٠	٥٠ - ١٥	٣٥	٠,٢٩٧
٪١٠ - ٠	٪١٠ - ٠	٪١٠ - ٠	٪١٥ - ٠	٣٩	٠,١٤٩

(*) طبقاً للمواصفات القياسية المصرية رقم م ق م ٤٣٦ - ١٩٦٣ مناخل الإحصار .

٢٪ بالوزن من الإضافات أو ٠,٣ ٪ بالوزن من الأسمنت في حالة الخرسانة المسلحة أو سابقة الإجهاد أو التي بها معادن مدفونة أو مصنعة من الأسمنت البورتلاندى المقاوم للكبريتات أو الأسمنت عالي المقاومة للكبريتات .

(٤) يجب التأكد من مدى ملائمة وفعالية أى من الإضافات بواسطة خطط اختبارية من الأسمنتات والركام والمواد الأخرى التي تستخدم في الأعمال الخرسانية .

(٥) إذا استخدم نوعان أو أكثر من الإضافات على التتابع في نفس الخلطة الخرسانية فيلزم أن تتواجد معلومات كافية لبيان مدى تداخلها والتأكد من توافقها .

(٦) يلاحظ أن سلوك الإضافات مع الأسمنتات بأنواعها يختلف عنه في حالة الأسمنت البورتلاندى ولذلك عند استخدام الإضافات مع هذه الأسمنتات يجب أن تتواجد معلومات كافية عن مدى الأذية السلبية عند خلط هذه المواد مع بعضها قبل استخدامها في الأعمال الخرسانية .

(٧) يجب عدم إضافة كلوريد الكالسيوم أو الإضافات التي أساسها من الكلوريدات بنماتاً إلى الخرسانة المسلحة أو الخرسانة السابقة الإجهاد أو الخرسانة التي بها معادن مدفونة .

(٨) يلزم لقبول أى دفعة من الإضافة أن يكون لها نفس التكوين للإضافة المخدرة والمقبولة وذلك بإجراء اختبارات التجانس التي تنص عليها المواصفات القياسية المصرية والتي تنص بالمطابقة المطلوبة بنفس المواصفات .

(٩) يجب أن تنفي الإضافات بالمطابقات الأدائية للخرسانة في حالتها الطازجة والمتصلدة وذلك للاختبارات التي تنص عليها

— يقاس الركام بالحجم في صناديق قياس ذات أحجام مضبوطة ، ويراعى ملء الصناديق بدون دمك ، على أن يكون أعلى وأسفل سطح الركام داخل الصندوق مستوياً على الأحرف ، ويراعى عمل حساب زيادة الحجم في الركام الرفيع و الرمل ، نتيجة لوجود الرطوبة به .

ثالثاً : الإضافات : الإضافات هي مواد تضاف للخلطات الخرسانية بكميات صغيرة جداً (باستثناء المواد المونة) وذلك لتحسين خواص معينة للخرسانة أو لإكسابها خواص جديدة وذلك نتيجة تأثير كيميائي أو طبعي ، ولا تؤثر هذه الإضافات بأى قيمة ملحوظة على الحجم الكلي للخرسانة باستثناء إضافات الهواء المحبوس .

تعتبر الإضافات الأكثر شيوعاً في مصر بصفة عامة هي : إضافات محبلة للتصلب ، إضافات مؤخرعة للتصلب ، إضافات مخفضة للماء ، إضافات مخفضة للماء ومحبلة للتصلب ، إضافات مخفضة للماء ومؤخرعة للتصلب ، إضافات عالية تفيض الماء ، إضافات مخفضة للماء ومؤخرعة للتصلب . يراعى عند استخدام الإضافات الاشرطاطات التالية :

(١) يجب ان تنفي الإضافات باشرطاطات المواصفات القياسية المصرية لكل نوع من الأنواع سالفة الذكر ، أما الإضافات التي ليس لها مواصفات قياسية فتستخدم على أساس المعلومات السابقة والخبرة أو نتائج التجارب .

(٢) يجب ألا تؤثر الإضافات تأثيراً ضاراً على الخرسانة أو صلب التسليح .

(٣) يجب ألا يمدى محوى الكلوريد الأيونى بالإضافات عن

(٨) يجب ألا يحدث الماء المستخدم في المعالجة بقاءً أو ترسيبات غير مقبولة على سطح الخرسانة .

خامساً : صلب التسليح للخرسانة :

(أ) أنواع صلب التسليح :

(١) تستخدم في تسليح الخرسانة أسياخ الصلب التي تفي بالوصفات القياسية المصرية م ق م ١٩٧٤ / ٢٦٢ ، وتعدلتانها وفي حالة استعمال الشبك اللحوم تطبق المواصفات القياسية م ق م ١٩٨٦ / ١٦١٨ .

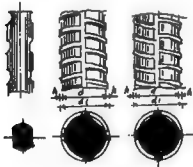
(٢) أنواع أسياخ التسليح القالب استخداماً في الخرسانة هي :

(أ) صلب طرى عادي رتبة ٢٤ / ٣٥ أو ٢٨ / ٤٥ ... ويرمز له (Φ) .

(ب) صلب عالي المقاومة وينقسم إلى النوعين التاليين :

— صلب رتبة ٥٢ / ٣٦ ويرمز له (Φ) .

— صلب رتبة ٦٠ / ٤٠ ويرمز له (Φ) .



أشكال لمديد تسليح ٥٢

(٣) صلب شبك من أسياخ الصلب الملحومة للمساواة ذات النقطات أو العضات وهو صلب طرى رتبة ٢٤ / ٣٥ أو ٢٨ / ٤٥ صار سبجه على البارد ليصبح بترتبة ٥٢ / ٤٥ ويرمز له (#) .

سادساً : الخواص الميكانيكية لصلب التسليح :

ما لم تذكر اعتبارات وحالات خاصة تحدد الخواص الميكانيكية لصلب التسليح لأغراض التصميم فتعرف الخواص الميكانيكية بالخواص الآتية :

(١) إجهاد الخضوع : هو الإجهاد عند مرحلة الخضوع في أنواع الصلب العادى وعالى المقاومة التي تظهر فيها خاصية الخضوع ، أما في أنواع الصلب عالى المقاومة التي لا تظهر فيها خاصية الخضوع فيؤخذ إجهاد الخضوع - افتراضياً - مساوياً لإجهاد ضمان وهو الإجهاد الذى يترك انفعالاً متقيماً مقداره ٠,٢ % .

المواصفات القياسية المصرية لكل نوع من أنواع الإضافات مع استيفائها بالتطبيقات المعطاة بنفس المواصفات .

(١٠) يجب ألا يزيد محتوى الهواء للخلطة الخرسانية ذات الإضافات السابقة الذكر على ٢٪ من محتوى الهواء في الخلطة الخرسانية الخالية بدون إضافات (خلطة التحكم) وحيث لا يزيد محتوى الهواء الكلى لأى حالة من الإضافات عن ٣٪ .
رابعاً : ماء الخلط : أو المعالجة :

(١) يكون الماء المستعمل في خلط الخرسانة نظيفاً وخالياً من المواد الضارة مثل الزيوت والأحماض والقلويات والأملاح والمواد العضوية وأى مواد قد تؤثر تأثيراً متلفاً على مكونات الخرسانة أو صلب التسليح .

(٢) يعتبر الماء الصالح للشرب - باستثناء الاشتراطات البكتريولوجية - مناسباً في جميع الأحوال لخلط الخرسانة وفي حالة عدم توافره يمكن استعمال ماء من مصادر أخرى لخلط الخرسانة بشرط استيفاء الشروط الواردة سابقاً بالإضافة إلى ما نل :

(أ) ألا يزيد زمن الشك الابتدائي لمينات الأسمنت المجهزة بهذا الماء بأكثر من ٣٠ دقيقة على زمن الشك الابتدائي لمينات بنفس الأسمنت جهزت بالماء الصالح للشرب وعلى ألا يقل زمن الشك الابتدائي بأى حال عن ٤٥ دقيقة .

(ب) لا تقل مقاومة الضغط بعد ٢٨،٧ يوماً للمكعبات التي استعمل في خلطها هذا الماء عن ٩٠٪ من مقاومة الضغط لمينات مماثلة جهزت بماء خلط صالح للشرب .

(ج) يجب عند تصميم الخلطة الخرسانية استخدام نفس نوع الماء الذى سيستخدم في الخلط عند تنفيذ المنشأ .

(٣) يشترط في ماء الخلط للخرسانة ألا يزيد محتوى الأملاح على القيم الموضحة في الجد سادساً .

(٤) لا يقل - بصفة عامة - الأس الهيدروجيني (PH) ماء الخلط عن (٧) وفي حالة عدم إجراء هذا الاختبار لمصدر الماء في أعمال سابقة يجب إجراء تحليل للماء لمعرفة هذا الرقم .
(٥) لا يسمح على الإطلاق باستخدام ماء البحر في خلط الخرسانة المسلحة .

(٦) يجوز استعمال ماء البحر عند الضرورة في خلط الخرسانة العادية بدون تسليح على أن يزداد محتوى الأسمنت في الخلطة للوصول إلى المقاومة المطلوبة للخرسانة العادية بشرط توفر الحيرة السابقة في استعماله بنجاح .

(٧) يعتبر الماء الصالح في خلط الخرسانة المسلحة صالحاً للاستعمال في معالجة هذه الخرسانة بعد تصلدها .

- ٢) مقاومة الشد .
 ٣) النسبة المثوية للاستطالة عند الكسر .
 ومدد هذه الخواص طبقاً للمواصفات القياسية المصرية
 م ق م ٢٦٢ / ١٩٧٤ ، وتعديلاتها والمواصفات القياسية
 المصرية م ق م ٧٦ / ١٩٦١ ، وتعديلاتها .

جدول يبين الخواص الميكانيكية لأنواع الصلب (الحد الأدنى)

نوع الصلب	الرتبة	حالة سطح الأسياخ	إجهاد الخضوع أو إجهاد حضان ٧٠٪ إجهاد حضان كجم / م ^٢ (حد أدنى)	مقاومة الشد القصوى كجم / م ^٢ (حد أدنى)	القسبة المثوية للاستطالة (حد أدنى)
صلب طرى عادى	٢٤ / ٢٥	أسلى	٢٤	٣٥	٢٠
	٢٨ / ٤٥		٢٨	٤٥	١٨
صلب عالى المقاومة	٣٦ / ٥٢	ذو نتوءات	٣٦	٥٢	١٢
	٤٠ / ٦٠	ذو نتوءات	٤٠	٦٠	١٠
صلب شبك ملحوم مسحوب على البارد	٤٥ / ٥٢	أسلى أو ذو نتوءات أو ذو المضط	٤٥	٥٢	١٠

تحديد مكونات الخرسانة :
 يجب أن تتضمن متطلبات الخرسانة في حالتها الطازجة والمتصلدة ما يؤمن تحقيق كل من المقاومة والتحميل مع الزمن للمبني وعناصره وتلخص في الآتي :
 أولاً : رتبة الخرسانة : F_{cc}

رتبة الخرسانة هي مقاومة الضغط المميزة للخرسانة .
 جدول يبين رتب الخرسانة (مقاومة الضغط المميزة F_{cc} كجم / سم^٢)

رتب الخرسانة	١٠٠	١٥٠	١٧٥	٢٠٠	٢٢٥	٢٥٠	٢٧٥	٣٠٠	٣٢٥
رتب الخرسانة	٣٥٠	٤٠٠	٤٥٠						

وفي حالة تحديد مقاومة الضغط باستعمال عينات بمقاسات غير الواردة في المواصفات المصرية القياسية م . ق . م ١٦٥٨ / ١٩٨٨ فإنه يلزم تحديد مقاومة الضغط بضرب نتائج الاختبارات في معاملات التصحيح الواردة بالجدول التالي .

جدول يبين معامل تصحيح مقاومة الضغط للأشكال المختلفة لقوالب اختبار الخرسانة

شكل القالب	إبعاد قالب الاختبار سم	معامل التصحيح
مكعب	١٠ × ١٠ × ١٠	٠,٩٧
مكعب	١٥ × ١٥ × ١٥ (أو ١٥,٨ × ١٥,٨ × ١٥,٨)	١,٠٠
مكعب	٢٠ × ٢٠ × ٢٠	١,٠٥
مكعب	٣٠ × ٣٠ × ٣٠	١,١١
أسطوانة	٢٠ × ١٠	١,٢٠
أسطوانة	٣٠ × ١٥	١,٢٥
أسطوانة	٥٠ × ٢٥	١,٣٠
منشور	٣٠ × ١٥ × ١٥ (أو ٣١,٦ × ١٥,٨ × ١٥,٨)	١,٢٥
منشور	٤٥ × ١٥ × ١٥ (أو ٤٧,٤ × ١٥,٨ × ١٥,٨)	١,٣٠
منشور	٦٠ × ١٥ × ١٥	١,٣٢

و في حالة اختبار مقاومة ضغط الخرسانة بأسمت بورتلاندى عادى أو سريع التصلد (بدون أية إضافات) عند عمر غير ٢٨ يوماً فإنه يمكن تحديد المقاومة عند عمر ٢٨ يوماً بضرب نتائج الاختبارات في معاملات التصحيح الموضحة بالجدول التالى :

جدول يبين معامل التصحيح لنتائج اختبارات مقاومة الضغط للخرسانة ذات عمر يختلف عن ٢٨ يوماً

نوع الأسمنت	عمر الخرسانة - يوم	٣	٧	٢٨	٩٠	٣٦٠
أسمنت بورتلاندى عادى	٢,٥	١,٥	١,٠٠	٠,٨٥	٠,٧٥	
أسمنت بورتلاندى سريع التصلد	١,٨	١,٢	١,٠٠	٠,٩٠	٠,٨٥	

ثانياً : متوسط المقاومة المستهدف (F_m) Target mean strength

تصمم خلطة الخرسانة بتحديد محتويات مكوناتها بحيث يكون متوسط المقاومة المستهدف مساوياً لمجموع رتبة الخرسانة مضافاً إليها هامش أمان يكتفى للحصول على المقاومة المميزة المطلوبة $F_m = F_{cu} + M$ حيث تحدد قيمة (M) طبقاً للبند التالى ثالثاً .

ثالثاً : هامش أمان تصميم الخلطة (M) Safety margin of mix design

في حالة توفر بيانات إحصائية من نتائج اختبارات المقاومة على خلطات استعملت فيها نفس المواد المزعم استعمالها وأنتجت الخرسانة تحت نفس الظروف يحسب هامش تصميم الأمان للخلطة طبقاً للحالة (١) أو (٢) من الجدول التالى وفي حالة عدم توفر بيانات إحصائية في فترة لا تزيد عن ستة شهور يحسب هامش أمان تصميم الخلطة طبقاً للحالة (٢) من نفس الجدول .

جدول يبين هامش أمان تصميم خلطات الخرسانة

البيانات الإحصائية المعروفة عن نتائج اختبارات المقاومة	هامش أمان تصميم خلطة الخرسانة (M) عندما تكون المقاومة المميزة F_{cu}
	$F_{cu} > ٢٠٠$ كجم / سم ^٢ : $F_{cu} < ٢٠٠$ كجم / سم ^٢
(١) توفر أكثر من ١٠٠ نتيجة في فترة لا تزيد عن ١٢ شهراً بمواد وظروف مماثلة .	(١,٦٤ × الانحراف المعياري) ولا يقل عن ٠,٢ المقاومة المميزة . (١,٦٤ × الانحراف المعياري) ولا يقل عن ٥٠ كجم / سم ^٢ .
(٢) توفر من ٥٠ - ١٠٠ نتيجة في ٦ شهور بمواد وظروف مماثلة .	(١,٦٤ × الانحراف المعياري) ولا يقل عن ٠,٤ المقاومة المميزة . (١,٦٤ × الانحراف المعياري) ولا يقل عن ١٠٠ كجم / سم ^٢ .
(٣) عدم توفر بيانات إحصائية عن ٥٠ خلطة خلال فترة لا تزيد عن ٦ شهور	٠,٦٠ من المقاومة المميزة . ١٢٠ كجم / سم ^٢ .

رابعاً : اختيار نسب مكونات الخلطة :

(١) اعتبارات رئيسية: للقائم بتحديد نسب مكونات الخلطة سواء كان ذلك بالمعمل أو بالموقع أو في مصنع خرسانة جاهزة أن يختار الأسلوب الذى يراه مناسباً على أن يأخذ في اعتباره ثلاثة عوامل رئيسية :

- متطلبات الخلطة .
- ظروف وأماكن ومستوى التنفيذ واستخدامات المبنى .
- ظروف وأماكن إنتاج الخلطة .

(٢) خلطات استرشادية / أو تجريبية :

عند الضرورة القصوى وفي حالة عدم توفر بيانات كافية وبالنسبة للخلطات الخرسانية التى تقل ربتها عن ٢٠٠ فإنه يمكن الاسترشاد بمكونات الخلطة بالجدولين التاليين والذى يتضمن استخدام أسمنت بورتلاندى عادى وركام سليس وعلى القائم بتحديد المكونات إجراء تعديلات في النسب بما يحوز الفروق بين الركام المستعمل والركام السليسي .

جدول يبين نسب مكونات الخلطات الخرسانية الاسترشادية (بالوزن)

رتبة الخرسانة	نسبة مكونات الخلطة أسمنت : رمل : زلط	كمية الأسمنت كجم/متر مكعب	القوام (سم)
١٥٠	١,٠٠ : ٢,٠٠ : ٤,٠٠	٣٠٠	٨ - ٥
١٧٥	١,٠٠ : ١,٧٥ : ٣,٥٠	٣٥٠	٨ - ٥

جدول يبين نسب مكونات الخلطات الخرسانية الاسترشادية (بالحجم) *

رتبة الخرسانة	أسمنت	رمل		زلط		محتوى الماء - (لتر)
		بالحجم (م ^٣)	مقاسات الصندوق (سم)	بالحجم (م ^٣)	مقاسات الصندوق (سم)	
١٥٠	شيكارة ٥٠ كجم	٠,٠٦٦	٢٦,٥ × ٥٠ × ٥٠	٠,١٣٢	٥٣ × ٥٠ × ٥٠	٢٧,٥
١٧٥	شيكارة ٥٠ كجم	٠,٠٥٨	٢٣,٥ × ٥٠ × ٥٠	٠,١٦٦	٤٠ × ٥٠ × ٥٠	٢٣,٠

* هذه الخلطات تستعمل للتصميم بطريقة إجهاد التشغيل ، ولا تستعمل في حالة التصميم بطريقة حالات الحدود .

٣٠ خلطات تأكيدية المقاومة (الزامية)
على منتج الخرسانة - بالموقع أو بمصنع الخرسانة الجاهزة- أن
يجرى خلطات تجريبية منفصلة من الخرسانة باستعمال مواد مماثلة
أو مواد من مصادر مشابهة للمصادر المزعم استعمالها ويفضل أن
تكون كل خلطة - على حدة - بحجم وظروف الإنتاج كاملة.
- لكل من الخلطات الثلاثة تقاس التشغيلية وتعد عشرة
مكعبات تختبر سبعة منها على الأقل عند ٢٨ يوماً وتحدد ثلاثة
عند عمر مبكر إذا لزم الأمر ويفضل أن تكون هذه الأعمار
٣ أو ٧ أيام .
- وفي حالة عدم وجود نص خاص بمواصفات المشروع
تعد مكعبات الخرسانة وتعالج وتختبر طبقاً للمواصفات القياسية
المصرية .

- تقبل نسب الخلطة إذا تم استيفاء الشروط التالية :
أ) متوسط مقاومة الضغط بعد ٢٨ يوماً لثلاثة خلطات
متتابعة لها نفس المكونات (المحسوبة سابقاً) يزيد على قيمة
المقاومة المميزة بالقيمة التالية :

٣٠ كجم / سم^٢ للخرسانة ذات الرتبة ٢٠٠ أو أكثر .

٢٠ كجم / سم^٢ للخرسانة التي تقل رتبته عن ٢٠٠ .

ب) نتيجة مقاومة الكسر لأي اختبار لا تقل عن قيمة
المقاومة المميزة .

ج) لا يزيد الفرق بين أكبر مقاومة للمكعبات
وأصغرها عن ٢٠٪ من المتوسط .

د) خلطات تأكيدية إضافية :

١) الحد الأقصى لمحتوى الأملاح والمواد الضارة في ماء

الخلط :

يشترط في ماء خلط الخرسانة أن لا يزيد محتوى الأملاح
عن :

٢,٠٠٠ جرام في اللتر من الأملاح الكلية الذائبة (T.D.S).

٠,٥٠٠ جرام في اللتر من أملاح الكلوريدات .

٠,٣٠٠ جرام في اللتر من أملاح الكبريتات .

١,٠٠٠ جرام في اللتر من أملاح الكربونات والماء والركام والأسمنت (الإضافات) عند عمر ٢٨ يوماً على الحدود الواردة في الجدول التالي .

١,١٠٠ جرام في اللتر من كبريتيد الصوديوم .
٢,٠٠٠ جرام في اللتر من المواد العضوية .
٣,٠٠٠ جرام في اللتر من المواد غير العضوية وهى الطون والمواد المعلقة غير الرسوبية التى تعكر ماء الخلط .
٢) الحد الأقصى لمحتوى أيونات الكلوريدات فى الخرسانة :
للقاية من صدأ صلب التسليح يجب ألا يزيد التركيز الكلى لأيونات الكلوريدات الذائبة فى الخرسانة المتصلدة (والناتج من

جدول يبين المحتوى الأقصى لأيونات الكلوريدات الذائبة اللازمة للقاية من صدأ صلب التسليح

الحد الأقصى لأيونات الكلوريدات الذائبة فى الماء فى الخرسانة - كسب مئوية من وزن الأسمنت	الظروف حول الخرسانة
١,١٥	الخرسانة المسلحة معرضة للكلوريدات .
١,٠٠	الخرسانة المسلحة جافة عمية تماماً من الرطوبة فى ظروف الاستخدام .
١,٣٠	العناصر الإنشائية الأخرى .

٤) الخرسانة فى الظروف الكبريتية :

عندما تكون الخرسانة معرضة لأملاح الكبريتات فى التربة أو المياه الجوفية (كبريتات الصوديوم أو البوتاسيوم أو الكالسيوم) فإنه يجب العناية بنوع الأسمنت ومحتواه ونوع الركام والمقاس الاعتبارى الأكبر للركام ونسبة الماء إلى الأسمنت ويمكن الاسترشاد بالقيم الواردة بالجدول التالى لتحديد هذه البنود .

٥) الحد الأدنى لمحتوى الأسمنت :

عندما تكون الخرسانة معرضة لظروف معينة مع استخدام الأسمنت البورتلاندى العادى فإنه يمكن الاسترشاد بالجدول التالى لتحديد الحد الأدنى لمحتوى الأسمنت فى الخلطات .

٦) الحد الأقصى لمحتوى الأسمنت :

يجب ألا يزيد محتوى الأسمنت فى خلطة الخرسانة على ٥٠٠ كجم / م^٣ ما لم تكن هناك اعتبارات خاصة قد أخذت فى التصميم لتفادى التشريح الناتج على انكماش الجفاف فى قطاعات الخرسانة الرقيقة أو الإجهادات الحرارية فى القطاعات السميكة .

جدول يبين متطلبات الخرسانة المعرضة للمهاجمة الكبريتية لتحقيق كثافة عالية ودمك كامل للخرسانة

الحد الأدنى محتوى الأسمنت كجم / م ^٣					نوع الأسمنت	تركيز الكبريتات في صورة ثالث أكسيد الكبريت		
الحد الأسفلى نسبة الماء إلى الأسمنت	المقاس الاعتبارى الأكبر لركام / مم					في التربة في الماء الأرضى		
	١٥	٢٠	٣٠	٤٠		جزء في المليون	كـ ب أـ في مزيج من الماء والتربة بنسبة ١:٢	كـ ب أـ الكل %
٠,٥٢	٤٠٠	٤٠٠	٣٥٠	٣٥٠	بورتلاندى عادى	٣٠٠	—	٠,٢ >
٠,٤٨	٤٠٠	٤٠٠	٣٥٠	٣٥٠	بورتلاندى عادى	٣٠٠	—	٠,٢
٠,٥٣	٣٥٠	٣٥٠	٣٠٠	٣٠٠	مقاوم للكبريتات	إلى		إلى
٠,٤٨	٤٠٠	٤٠٠	٣٥٠	٣٥٠	فائق للكبريتات	٧٠٠		٠,٣٥
٠,٥٠	٤٠٠	٤٠٠	٣٥٠	٣٥٠	مقاوم للكبريتات أو	٧٠٠	—	٠,٣٥
٠,٤٥	٤٠٠	٤٠٠	٤٠٠	٤٠٠	فائق للكبريتات	١٢٠٠		إلى ٠,٥٠
٠,٤٥	٤٥٠	٤٥٠	٤٠٠	٤٠٠	مقاوم للكبريتات أو	١٢٠٠	١,٩ - ٣,١	٠,٥٠
					فائق للكبريتات	إلى ٢٥٠٠		إلى ١,٠٠
٠,٤٣	٤٥٠	٤٥٠	٤٠٠	٤٠٠	مقاوم للكبريتات أو	٢٥٠٠	٣,١ - ٥,٦	١,٠٠
					فائق للكبريتات	إلى ٥٠٠٠		إلى ٢,٠٠
٠,٤٣	٤٥٠	٤٥٠	٤٠٠	٤٠٠	مقاوم للكبريتات أو			
					فائق للكبريتات	٥٠٠٠	٥,٦	٢,٠٠
					+ دهانات واقية مناسبة			

× في حالة الركام جافاً

ويلاحظ بالجدول السابق الآتى :

- الحدود الواردة بالجدول تطبق على الخرسانة بركام طبيعى (م ق م ١١٠٩ / ١٩٧١) .
- الخرسانة المعرضة لمياه أرضية بأس هيدروجينى من ٦ إلى ٩ وعتوية على كبريتات طبيعية وليست مترسبة كأملأخ .
- في الظروف القاسية مثل القطاعات الصغيرة تحت ضغط مائى من جانب واحد أو مغمور جزئياً يلزم أن يؤخذ في الاعتبار تقليل نسبة الماء للأسمنت و / أو زيادة محتوى الأسمنت على الحدود الواردة بالجدول لتحقيق المتظنية الدنيا للخرسانة .

جدول يبين الحد الأدنى غوى الأسمت في خلطات خرسانة الأسمت البورتلاندى لتأمين التحمل مع الزمن للخرسانة المسلحة المعرضة لظروف معدودة*

الحد الأقصى لنسبة الماء : الأسمت *	المقاس الإعتبارى الأكبر للركام - م				الظروف التى يتعرض لها المبنى بعد الإنشاء
	١٥	٢٠	٣٠	٤٠	
٠,٦٠	٣٥٠	٣٥٠	٣٥٠	٣٠٠	عادية : الخرسانة عجية تماماً من الظروف الجوية والظروف المحيطة الضارة .
٠,٥٠	٤٠٠	٣٥٠	٣٥٠	٣٠٠	متوسطة : الخرسانة غير المعرضة أو المعرضة للظروف المحيطة الضارة ولكنها مدفونة دائماً تحت الماء أو معرضة للرطوبة .
(٠,٤٥ ، ٠,٤٠) غوى الأسمت ٤٠٠	٤٠٠	٤٠٠	٣٥٠	٣٥٠	قاسية : الخرسانة معرضة لظروف محيطية ضارة أو ماء البحر أو لدورات من البلل والجفاف أو الفترات ... إلخ
٣٥٠ كجم على التوالى	٤٠٠	٤٠٠	٣٥٠	٣٥٠	

+ الحدود الواردة بالجدول لخلطات الخرسانة المستخدمة ويمكن تخفيض أى غوى أسمت بمقدار ٥٠ كجم / م^٣ في حالة استعمالها لخلطات الخرسانة العادية .
* في حالة استخدام الركام جافاً .

الفصل الثانى

التصميم

التصميم ينقسم إلى قسمين :

أولاً : أعمال الأساسات وتلخص كالاتى :

أ) دراسة المياه الجوفية .

ب) حماية الأساسات من أملاح التربة وأحماضها .

ج) أحمال الزلازل التصميمية .

د) التصميم الإنشائى وقد تمت الدراسة بالجزء الثانى لجميع أعمال الأساسات علماً بأنه قد فرضت الأحمال على القواعد ولكن عند تصميم الأحمال يجب الرجوع إلى الكود الخاص بالخرسانة المسلحة من الأحمال الميتة والأحمال الحية وضغط الرياح والزلازل .

ثانياً : تصميم الهيكل الخرسائى :

أ) ترجع إلى الكود الخاص بالخرسانة المسلحة في جميع بنوده .

ب) التفاصيل الإنشائية وسنلقى عليها الضوء باختصار على التفاصيل وإعداد الرسومات وسنقوم بشرح كل بند على حدة .

أولاً : أعمال الأساسات

أ) ارتفاع المياه الجوفية وأضراره على المبنى :

— ظاهرة ارتفاع المياه الجوفية وأسبابها :

ارتفاع منسوب المياه الجوفية في المناطق الأغنية في التطور هو حالة تعاني منها جمهورية مصر العربية — وقد لعبت عوامل وأسباب عديدة دوراً أساسياً في ارتفاع منسوب المياه الجوفية منها على سبيل المثال لا الحصر ما يلى :

١) الإسراف في استخدام مياه الشرب ومياه الصرف الصحى المعالج لرى الحدائق والمناطق الخضراء والأشجار في الشوارع .

٢) تسرب المياه من شبكة توزيع المياه وشبكة الصرف الصحى في المناطق المضمومة بشبكات الصرف الصحى وذلك بسبب تآكل الشبكة وعدم صيانتها .

٣) ترشيع المياه في يارات الصرف الصحى .

٤) الأمطار والسيول التي يتسرب جزء من مياهها إلى باطن الأرض فتؤدى إلى ارتفاع منسوب المياه .

٥) السد العالي : نظراً لحجز المياه في بحيرة ناصر أمام السد فبدأ يسرب المياه لجميع مناطق الجمهورية .

أضرار ارتفاع منسوب المياه الجوفية على المباني :

ينجم عن ارتفاع منسوب المياه الجوفية مخاطر جمة على المنشآت والمباني القائمة نتيجة تلبس مستوى المنسوب وعدم استقراره عند مستوى واحد .. كما أن مقدار تأثير التربة بالمياه الجوفية يوجه خاص يعتمد أساساً على نوعية التربة حيث إن

ما يتجم عنه جرح و وفاة عدد منهم .

— القضايا والمسائل القانونية المترتبة عن سقوط المبنى والتي تعرض ماقول التنفيذ أو المهندس للمصمم أو صاحب المبنى أو جميعهم إلى المسائلة القانونية .

طرق المعالجة المطروحة للتقليل أو الحد من أضرار المياه الجوفية على المباني :

أولاً : طرق وأساليب التحكم من المصادر المسببة لارتفاع منسوب المياه الجوفية :

تتلخص تلك الأساليب والطرق المتبعة للتحكم في المصادر المسببة لارتفاع المياه الجوفية في الآتي :

(١) تقليل الفاقد من مياه الري الزائدة عن الحاجة الفعلية وذلك عن طريق دراسة أساليب ونظم الري المستخدمة وإجراء مسح شامل لمعرفة أنواع النباتات التي تزرع في منطقة ما وتحديد حاجتها الفعلية من المياه وتوفير هذه الكمية من خلال استخدام نظام حديث للري بدلاً من النظم التقليدية .

(٢) رقابة شبكة مياه الشرب والكشف عن الترسبات وإصلاحها بصفة مستمرة .

(٣) ترشيد استهلاك مياه الشرب عن طريق تحديد معدل الاستهلاك الفردي اليومي للمياه ووضع خطة لهذا الترشيح .

(٤) توفير شبكات فعالة للصرف الصحي مما يؤدي إلى التقليل من كمية المياه المتسربة إلى باطن الأرض — كما يؤدي إلى انخفاض نسبة المركبات الكيميائية والبيولوجية والذي يقلل بالتالي من تأثير المياه على أساسات المباني وعناصرها الإنشائية وشبكات المرافق العامة .

ثانياً : أساليب تخفيض منسوب المياه الجوفية : (انظر الباب السابع) هناك عدة طرق لخفض منسوب المياه الجوفية نوجز منها ما يلي :

(١) إنشاء مصارف أفقية منطلة أو مكشوفة تعمل بالمجاذبية الأرضية .

(٢) إنشاء آبار رأسية أو أفقية تسحب فيها المياه بواسطة مضخات .

(٣) إنشاء مجموعة تقوب توزع تحت سطح المياه الجوفية ويتم السحب بواسطة مضخات مشتركة .

ثالثاً : دراسة خصائص التربة قبل البدء في المشروع الإنشائي :

يلجأ المهندسون والفنيون ومقاولو التنفيذ منذ بدء المشروع الإنشائي وفي طور إعداد التصميم الهندسية إلى دراسة وضع التربة عن طريق تجميع المعلومات وإجراء التحاليل اللازمة التي تبين نوعية التربة التي سوف يقام عليها المبنى المراد إنشاؤه ، ومستوى ارتفاع وانخفاض منسوب المياه الجوفية . وعلى ضوء

التربة الرملية وكذلك الطينية تكون درجة التأثير فيها أكبر من التربة الصخرية . ويترتب على ذلك كله تعرض المباني إلى التشقق والتصدع . وتزداد درجة هذا التصدع وخطورته بمرور الزمن مما يؤدي إلى سقوطها وذلك نتيجة لما يلي :

(١) تعرض أساسات المباني إلى الانحراف والتحرك بفعل تحمل طبقات الأرض وذوبانها في الماء مما يترك فجوات وفراغات في هذه الأساسات تشكل خطورة على هذه المباني .

(٢) تأثير الأساسات غير المسلحة أو التي لا تحوى على حديد التسليح المقوم للتمدد عند تمدد طبقات الأرض الطينية وذلك لتسببها بالماء .

(٣) الصدا الذى يصيب حديد التسليح في الأساسات من جراء تعرضه لأكسجين الهواء عندما تغمر المياه هذه الأساسات نتيجة لارتفاعها (ويحدث هذا عندما يكون عمق حفريات الأساسات غير كاف) كما أن الأملاح التي تحوى عليها المياه الجوفية تؤدي إلى صدأ الحديد وتآكله أيضاً .

(٤) تسرب المياه وانتشارها حول الأساسات نتيجة شرح ماسورة مياه أو صرف صحي أو أمطار غزيرة لا تجد تصريفاً .

(٥) ارتفاع المياه الجوفية والسطحية يؤدي إلى هبوط في أرضيات المباني وأحياناً يكون هذا الهبوط مفاجئاً وذلك نتيجة انحراف التربة مما يترك فجوات تكون عرضة للهبوط المفاجئ .

(٦) التلف الذي يصيب شبكة التديدات الكهربائية وتديدات الهاتف نتيجة تسرب المياه حولها وعاصرتها وإغراقها مما يؤدي إلى تآكلها .

(٧) تدهور بعض عناصر البناء مثل البياض والطوب والرخام وغيرها .

(٨) طمع المياه داخل البرومات والسرايب .

ويترتب عن هذه الأضرار — التي تصيب المباني وتؤدي إلى تصدعها وسقوطها إذا لم تتم معالجتها — مشكلات اقتصادية وصحية وقانونية تتمثل في :

— زيادة تكاليف البناء بسبب المصروفات الإضافية المترتبة عن سحب المياه والتحصين ضد احتمالات ارتفاعها .

— زيادة تكاليف الصيانة للمباني أو شبكات التديدات الكهربائية أو شبكات توزيع المياه أو شبكات التصريف الصحي .

— تقصير عمر المباني والمرافق والخدمات تحت الأرضية .

— الأثر السلبي على الصحة العامة للسكان الذين يحملون أو يقيمون في البرومات نتيجة تسببها بالربو عند طمع المياه بها وانعدام التهوية الطبيعية وتعمل دخول الشمس إليها .

— الأضرار التي يلحقها انهيار وسقوط المباني على السكان

— استخدام الأسمنت البورتلاندى المقاوم لأملاح الكبريتات فى الخرسانات المسلحة ولكن وجد أن هذا النوع من الأسمنت لا يقوى على مقاومة أملاح الكلوريد .

— استخدام الحديد الجلفن أو طلاء الحديد بطبقة تمنع وصول الأوكسجين إلى المعدن نفسه ، ومن سليات هذه الطريقة أنها مكلفة جداً إلى جانب أن ظهور مجرد شرخ صغير فى طبقة الطلاء يكفى لوصول الأوكسجين إلى الحديد . وبالتالي يحدث الصدأ .

— من الأساليب الحديثة المطبقة لمنع الصدأ عن حديد التسليح استخدام مواد عازلة لطلاء السطح الخارجى للخرسانة لمنع وصول الأوكسجين لحديد التسليح ومنع تسرب المياه الجوفية إلى حديد التسليح .

— طريقة أخرى حديثة يوصى بها المهندسون والمتخصصون وهى استخدام غطاء خرسائى سميك لحديد التسليح مع استخدام الأسمنت المخلوط بالرماد المتطاير (Flyash) .

ب (حماية الأساسات من أملاح التربة وأحماضها : الدراسة الكيميائية للمواد المكونة للبيئة المحيطة بالأساسات :
وتتلخص فى الآتى :

١) تختلف خواص مواد البناء المستعملة فى الخرسانة مما يؤثر على نوعية ونسب المركبات الكيميائية بالخرسانة وغالباً ما تحتوي الخرسانة على مركبات الكالسيوم والمركبات السليسية بنسب كبيرة بالإضافة إلى بعض المركبات ذات النسب الضئيلة مثل مركبات الألومنيوم ومركبات الحديد والمنغنسيوم وقد تتواجد أيضاً مركبات الصوديوم والبوتاسيوم . هذا ومن الثابت أن تأثر الخرسانة كيميائياً بالمواد الضارة المتواجدة بالبيئة المحيطة بها ينصب فى المقام الأول على التأثير فى مركبات الكالسيوم . كما أن وجود المياه يثير عاملاً ضرورياً للتفاعلات الكيميائية لذا يجب الاهتمام بدراسة الوسط المحيط بخرسانة الأساسات للتعرف على الأملاح المتواجدة بالتربة وكذلك المياه الجوفية فى حالة تواجدها .

وأيضاً تؤخذ الاحتياطات اللازمة بفرض احتمال تواجدها المياه أو الرطوبة على المدى البعيد أياً كان مصدرها حيث إن وجودها قد يؤدى إلى نشاط كيميائى بين مكونات الخرسانة والوسط المحيط ، ويهدف هذه الدراسة إلى تقييم العناصر التى تتواجد فى الماء والتربة المحيطة بالخرسانة المتصلدة .

٢) العناصر الضارة بالخرسانة وتأثيرها :

أ) الأحماض الحرة وبعض الغازات التى تهاجم الخرسانة فى وجود الرطوبة .

هذه الدراسات والتحليل والتاثير يتم تحديدها أساس المبنى وعمقه المناسب تقديراً لحدوث أى هبوط فى التربة كما تتخذ الاحتياطات اللازمة التى تمكن الأساس من تحمل ذلك المبوط دون أن يؤثر ذلك سلباً على المبنى .

رابعا : الأساليب الوقائية فى مرحلة تنفيذ المشروع (المبنى) :
١) تكسب عملية إنشاء المباني فى منطقة تضمها المياه أهمية خاصة ولها أساليبها المتعددة ، ولكن أكثر الأساليب شيوعاً هو إحاطة المنطقة بألواح من صاج الحديد أو أنابيب كبيرة تدق إلى العمق المطلوب - ثم تشفط المياه من داخلها بواسطة مضخات ويتم مباشرة صب الأساسات بعد إتمام عملية شفط المياه .

٢) وتنفيذ البناء تحت منسوب المياه الجوفية طرق وأساليب خاصة تلتخص فى :

— وضع مكونات الخرسانة الجلفنة (أسمنت - زلط - رمل) فى أكياس محكمة تسمح بنفاد الماء بينما لا تسمح بتسرب مكونات الخرسانة إلى الأعماق . وتخلط الخرسانة الجلفنة لتتجمد وتكتسب قوتها المطلوبه وهذه الطريقة تستخدم فى حالة استحالة خلط الخرسانة بالطرق التقليدية فى البناء تحت الأعماق .. كما تستخدم فى صب القواعد الخرسانية العادية فقط ولا يمكن استخدامها فى صب القواعد الخرسانية المسلحة لما يمكن أن تسببه المياه الجوفية من صدأ لحديد التسليح .

— تحديد مساحة معينة بواسطة قوائم حديدية أو خشبية لوضع الخرسانة داخلها بواسطة مضخة يستخدمها غواصون معززون ومتخصصون . وتستخدم هذه الطريقة فى البناء الذى يتطلب عمقاً محدداً .

— وإذا كان المبنى المطلوب إنشاؤه مصمماً على أساس الخرسانة المسلحة فإنه يتم استخدام طريقة أخرى لتحديد على الطين السائل حيث يتم حفر التربة بالشكل المطلوب وتغلى بمائل غليظ لعزل المياه الجوفية عن هذه الحفرة .. ثم تصب الخرسانة بعد ذلك وبعد أن يتم وضع التسليح فى مكانه الصحيح .

— وهناك طريقة أخرى أكثر تعقيداً وأكثر خطورة وهى ما تعرف بطريقة القيسون (Caissons) فيها تدق أسطوانات قوية حتى العمق المطلوب وتفرغ من الماء بضخ الهواء . وعندئذ ينزل عمال متخصصون إلى العمق ويقيمون البناء المطلوب وذلك تحت ضغط مرتفع وتتطلب هذه الطريقة عمالاً مهرة وأجهزة معقدة كما أنها لا تخلو من الحوادث فى الغالب .

٣) أما أساليب مقاومة الصدأ عن طريق مكافحة الأملاح الضارة التى تسبب الصدأ فى حديد التسليح فهى أيضاً متعددة . ونكتفى بذكر الأساليب التالية :

بعض الأحماض العضوية تكون طبقة حامية مثل حامض الأوكساليك والتريك.

والأحماض الحيوانية ليس لها تأثير يذكر على الخرسانة المتصلدة. وقد يحدث أن يحل الهيدروجين على الأيونات الموجبة في الأملاح العضوية ليتبع أحماض غير عضوية. كما أن تلك الأحماض تؤثر على تصلد الخرسانة الطازجة إذا ما وصلت إليها كمية صغيرة من التفاتات كمصدر للأحماض العضوية.

ثانياً: الكبريتات: تتفاعل الكبريتات مع مركبات الكالسيوم والألومنيوم في الأسمنت والطوب وتكون مركبات ذات قابلية شديدة لامتصاص الماء وهذا يسبب الانتفاخ في الخرسانة مما يؤدي إلى الشروخ الشعيرة.

ثالثاً: أملاح المغنسيوم: كلوريدات وكبريتات المغنسيوم تنهب هيدروكسيد الكالسيوم من الأسمنت والطوب وتكون هيدروكسيد المغنسيوم الرخو مكوناً كتلة جيلاتينية وذلك بالإضافة إلى مهاجمة الكبريتات لمركبات الكالسيوم والألومنيوم في الأسمنت كما في البند ثانياً.

رابعاً: أملاح الأمونيوم: تنهب أملاح الأمونيوم (كبريتات الأمونيوم - نوكسيلاات الأمونيوم - فلوريد الأمونيوم) هيدروكسيد الكالسيوم في الوحدات الأسمتية (وتظهر رائحة الأمونيا النفاذة) التي تلوب في الماء - كبريتات الأمونيوم تؤثر على الخرسانة كما هو مبين بالبند ثانياً أما الأمونيا (النشادر) فليس لها تأثير ضار على الخرسانة.

خامساً: الماء العذب: الماء العذب ذو عسر كل أقل من (٥٠٠ جزء / مليون) ويحوى على أملاح الكالسيوم والمغنسيوم أو الكالسيوم فقط. ووجود نسبة ضئيلة من هذه الأملاح يؤدي إلى إذابة هيدروكسيد الكالسيوم في الأسمنت والطوب وعلى أي الأحوال لا يشكل المصّر الكلى خطراً كبيراً على الخرسانة.

سادساً: الدهون والزيوت: تتأثر الخرسانة بالدهون والزيوت ويختلف التأثير باختلاف التركيب الكيميائي لتلك الدهون والزيوت وعلى حالته الطبيعية (سائل أم صلب).

١) الدهون والزيوت النباتية والحيوانية: تؤثر الدهون والزيوت النباتية والحيوانية على الخرسانة وهي عبارة عن إسترات الأحماض الدهنية وهي تتفاعل مع هيدروكسيد الكالسيوم في الأسمنت لتكوين أملاح الكالسيوم للأحماض الأمينية (الصابون) وحيث إن تفاعلية الدهون والزيوت النباتية والحيوانية خلال الخرسانة بطيئة لذا لا يشكل وجودها خطراً جسيماً.

٢) الزيوت المعدنية والدهون: لا تؤثر الزيوت المعدنية

- ب) الكبريتيد (كبريتيد الهيدروجين) .
جـ) الكبريتات .
د) بعض أملاح المغنسيوم .
هـ) أملاح الأمونيا .
و) بعض المركبات العضوية .

وهناك بعض المصادر الأخرى والتي سيتم ذكرها فيما بعد :
أولاً: الأحماض الحرة: الأحماض الحرة لها قدرة على إذابة المركبات الأسمتية كما أنها تضر الطوب والركام إذا كان محتوياً على كربونات الكالسيوم وهيدروكسيد الكالسيوم .

ويمكن التعرف على وجود الأحماض بواسطة قياس الأس الهيدروجيني فإذا قل الأس الهيدروجيني عن ٦,٥ فإن ذلك يعنى أن الوسط له تأثير ضار بالخرسانة ويوضح البند التالي (رقم ١) ورابعاً) التأثير الضار للأحماض الحرة على الخرسانة .

١ - الأحماض المعدنية: الأحماض المعدنية لها القدرة على إذابة الأسمنت وتؤثر على الركام في حالة احتوائه على أملاح الكربونات ومن هذه الأحماض حامض الكبريتيك ، الهيدروكلوريك والتريك ... وغيرها ومن أمثلة ذلك .

أ) كبريتيد الهيدروجين (يد ٢ كـ ب) :
قدرته أقل على إذابة الخرسانة وهو يتخلل الخرسانة على هيئة غاز ويلوب في وجود الرطوبة ويهضم حامض الكبريتيك وأملاح الكبريتات في وجود زيادة من الهواء كما أن الكبريتيدات الغير قابلة للذوبان مثل (البيريت والمركست) قد تتأكسد إلى كبريتات وحامض الكبريتيك في الجو الرطب المحتوى على الأوكسجين .

ب) لاني أكسيد الكبريت :
يمتص داخل الخرسانة على هيئة غاز ويلوب في الرطوبة ويكون حامض الكبريتوز (يد ٢ كـ ب ٣) الذى يتأكسد إلى حامض الكبريتيك (يد ٢ كـ ب ٤) وأملاح الكبريتات بند (١) .

جـ) حمض الكربونيك الذائب :
يهاجم حامض الكربونيك الخرسانة مثل باقي الأحماض الضعيفة فيلوب هيدروكسيد الكالسيوم ولا يغير الأس الهيدروجيني مقياساً لتركيز الجبر الذائب في حامض الكربونيك .

٢) الأحماض العضوية الحرة: الأحماض العضوية أقل خطورة من الأحماض غير العضوية والأحماض العضوية مثل (حامض الخليك - اللاكتيك - البيوتريك) تنهب الكالسيوم من مكونات الأسمنت والطوب وتكون ملح الأحماض كما أن

والدهون على الخرسانة في حالة خلوها. تماماً من الأحماض والدهون النباتية أو الحيوانية .

(٣) زيوت القار : تحتوي دائماً الزيوت المتوسطة والزيوت الثقيلة على الفينول (حامض الكربونيك) ومشتقاته وهذا الحمض يكون مع الخرسانة أملاح الفينولات . والخرسانة غير المسامية لا تتأثر تأثراً محسوساً بتلك المركبات .

سابعاً : تواجد المواد المهاجمة للخرسانة : المياه : مصادر المياه متعددة وهي كالآتي :

(١) مياه البحر : الأملاح الأساسية التي تهاجم الخرسانة هي الكبريتات والكلوريدات وأملاح المنسيوم وتحتوي مياه البحر الأبيض المتوسط والبحر الأحمر على نسب عالية من تلك الأملاح ويترافح الأملاح الذائبة فيها (٣٠٠٠ - ٤٠٠٠) جزء في المليون .

(٢) مياه الآبار : مياه الآبار الصالحة للشرب عادة تكون نقية من الناحية الكيميائية وقد تحتوي على الجير الذائب في حامض الكربونيك ويجب الحرص عند استعمالها في أعمال الخرسانة .

(٣) مياه المستنقعات : تحتوي مياه المستنقعات على مواد تهاجم الخرسانة في صورة جير ذائب في حامض الكربونيك - الكبريتات - الأحماض العضوية .

(٤) المياه الجوفية والمختزنة : تحتوي المياه الجوفية على الكالسيوم الذائب في حامض الكربونيك - كبريتات المنسيوم - كبريتيد الهيدروجين - الأمونيا وقد تحتوي على مواد عضوية ضارة بنسب عالية وذلك في حالة تداخل مياه ضارة مثل مياه الصرف الصحي والمياه التي قد تتساقط من مصدر سطحي أو جوي وتخترق في التربة وتتساقط من الشقوق أثناء الحفر وتحتوي على نسبة عالية جداً من الأملاح كما يحدث في خارج مدينة السويس أو الصحراء بين الواسطي والفيوم على سبيل المثال حيث ترتفع نسبة الكبريتات لأكثر من ٨٠٠٠ جزء في المليون (وهذا يفوق المتواجد بمياه البحر) .

(٥) مياه الأنهار : مياه الأنهار نقية تماماً وربما تحتوي على الشوائب ونسبها عموماً لا تصل إلى حد الخطورة على خرسانة .

(٦) مياه الصرف الصحي : تحتوي مياه المجارى على مواد عضوية ومواد غير عضوية وخصوصاً الأحماض العضوية وغير العضوية وأملاحها . وتواجد هذه المياه بكميات كبيرة في المناطق الصناعية ، ولاستعمال تلك المياه في خلط الخرسانة يجب ألا تحتوي على نسب أعلى من النسب المسموح بها في أعمال الخرسانات . وتحتوي المناطق الصناعية على مخلفات بها عناصر -

(١) الفحص الخارجي :

تحيز للمياه الضارة عند الفحص الظاهري باللون الداكن - الرائحة - وجود ترسيبات جيبس - خروج غاز (غاز المستنقعات - حامض الكربونيك) - تأثير عباد الشمس

كما أن المياه الناتجة من مصنع حفظ المأكولات والجلفنة (الطلاء) تحتوي على عناصر غير عضوية مثل الكبريتات والأمحاض المعدنية ، وتحتوي مياه الصرف لهذه المصانع ومصانع الكوك أيضاً على أملاح الأمونيا والفينول .

ثامناً : التربة :

(١) تربة تحتوي على الكبريتات : تتكون طبقات رسوية من الجبس القابل للذوبان والجبس غير المتحىء بسمك كبير في بعض المناطق كسيناء ورأس غارب والفرانبات بالصحراء الغربية وقد يتواجد الجبس أيضاً مختلطاً بالتربة والترسيبات السطحية وخاصة بعض المناطق الصحراوية على هيئة حبيبات . أو على هيئة طبقة قد يصل سمكها إلى عدة سنتيمترات . وقد يكون الجبس غير متحىء وقد يكون الكبريتات قابلة للذوبان في الماء .

(٢) تربة البوك : تحتوي تربة البوك المرذومة على المواد المتواجدة كما في البند ٣ من سابعاً بالإضافة إلى كبريتات الحديد (بيريت + مركب ح ك ب) كما في بند ٢ من أولاً وتتواجد أيضاً بالتربة الطفلية .

النفائات ومخلفات الصناعية : تحتوي النفائات ومخلفات الصناعية تعمد على مصدرها ، وعادة تتواجد بها المواد المذكورة بالعناصر الضارة بالخرسانة وتأثيرها بكميات كبيرة . والمأوى لهذه المواد يجبها الخرسانة .

تاسعاً : الغازات : عادم الصناعة ومخلفات الحريق مصحوبة بغازات من الممكن أن ينتج عنها أحماض معدنية وأحماض عضوية وثاني أكسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين وتلوث الغازات إما في الرطوبة أو في مياه الأمطار لتكون محاليل تهاجم الخرسانة أما الأملاح المتكونة مثل الكبريتات فمن الممكن أن تلوث في ظروف ملائمة وتهاجم الخرسانة ، والخرسانة لا تتأثر بغاز ثاني أكسيد الكربون الذي ينتج كماد للاحتراق ولكن إذا زادت نسبته فإنه يتفاعل مع الخرسانة فيساعد على حماية الحديد ضد التآكل .

عاشراً : تقييم الماء والتربة والغازات :

بصفة عامة فإنه من الممكن اختبار عين من الماء لتقييم مدى مهابتها للخرسانة . كما أنه يمكن تقييم المواد الضارة بالخرسانة في التربة المحيطة بالأساس وذلك بإجراء الاختبار إما على التربة المشبعة أو على التربة الجافة في حالة عدم وجود ماء بالموقع .

الحادي عشر : المياه

(١) الفحص الخارجي :

تحيز للمياه الضارة عند الفحص الظاهري باللون الداكن - الرائحة - وجود ترسيبات جيبس - خروج غاز (غاز المستنقعات - حامض الكربونيك) - تأثير عباد الشمس

البوتاسيوم ، ويجرى الاختبار مرتين وخصوصاً في حالة المياه العذبة المحتوية على كبريتيد الهيدروجين التي تهاجم الخرسانة وأيضاً إذا كان اختزال محلول برمنجنات البوتاسيوم يزيد عن ٥٠ جم / لتر في عملية المياه المرشحة وعموماً فالتقييم القائم على الخبرة ضروري جداً وخصوصاً في تقييم المياه الناتجة عن الصناعات .

٣) حدود المكونات المهاجرة في المياه :

حدود المكونات في المياه الطبيعية مبينة في الجدول التالي والتقييم الموضحة بالجدول لها أهميتها لتقييم المياه الراكدة والمياه ذات الحركة البطيئة لاحتوائها عادة على نسب كبيرة من المواد الضارة التي لا تقل نسبتها بالمياه باستمرار تفاعلها مع الخرسانة .

تقيم خطورة المياه المخترية على الخرسانة بواسطة الجدول التالي وتكون المياه ذات ضرر بالغ في حالة زيادة أى من القيم ومن ١ - ٥ : الحد المسموح به وتحدد الأضرار بناء على قيم بندين لا أكثر وتؤخذ القيمة العليا للضرر عند التقييم .

جدول يبين حدود التقييم للمكونات الضارة بالمياه

م	الفحص	الأضرار		
		أضرار قليلة	أضرار شديدة	أضرار خطيرة
(١)	الأس الهيدروجيني	٥,٥ - ٦,٥	٤,٥ - ٥,٥	أقل من ٤,٥
(٢)	حامض الكربونيك على هيئة (ك أ) / جم / لتر .	٣٠ - ١٥	٦٠ - ٣٠	أعلى من ٦٠
(٣)	الأمونيا (ن يد ⁺) / جم / لتر .	٣٠ - ١٥	٦٠ - ٣٠	أعلى من ٦٠
(٤)	المغنسيوم (ما ⁺) / جم / لتر .	٣٠٠ - ١٠٠	١٥٠ - ٣٠٠	أعلى من ١٥٠٠
(٥)	الكبريتات (ك ب) / جم / لتر .	٦٠٠ - ٢٠٠	٦٠٠ - ٢٠٠	أعلى من ٢٠٠٠

أ) توصف بأنها دائماً ذات لون يختلف عادة عن اللون العادي للتربة .

ب) يشتهى في التربة الرمادية وخاصة إذا احتوت على صلباً بني مصفر والتربة الرمادية الفاتحة المائلة إلى البياض والمتواجدة تحت طبقة من التربة ذات لون بني غامق يميل إلى الأسود .

ج) تدل البيانات المتخللة على وجود الحامضية في التربة د) يجب التحذير بالخطورة في حالة وجود تلامس بين خرسانة الأساسات وطبقة من الجبس والجبس اللاص أو أملاح الكبريتات الأخرى .

٢) الفحص الكيميائي : الفحص الكيميائي للتربة يجب أن يكون على النحو التالي :

بالغازات المتصاعدة (يتحول لون ورقة عباد الشمس الأزرق إلى الأحمر) وبالتحليل الكيميائي يمكن معرفة محتوى الماء .

٢) الفحص الكيميائي :

يتم الفحص الكيميائي للمياه بتقدير المحتويات الآتية :

- الأس الهيدروجيني . ب) الراحة .
- اختزال برمنجنات البوتاسيوم / جم / لتر .
- المسر الكل (الكالسيوم + المغنسيوم) .
- المسر بالكربونات . و) المسر لغمر الكربونات .
- المغنسيوم / جم / لتر . ح) الأمونيوم / جم / لتر .
- الكبريتات على هيئة ك ب أ ٣ / جم / لتر .
- الكلوريدات على هيئة كل جم / لتر .
- الجير الذي يذوب بحامض الكربونيك (ك أ ٢ / جم / لتر) .

— ويستدل على الغاز المتصاعد من راحته (كبريتيد الهيدروجين - الكبريتيد - المركبات المضوية) في حالة عدم تواجده بكمية كافية يتم إضافة المحلول القلوي بعد عملية التحميض ثم عملية التأكد التي تتم باختزال محلول برمنجنات

ملحوظة : بالإضافة إلى أهمية تقييم المكونات الضارة في الماء فمعدل التأثير الضار على الخرسانة يتزايد مع درجات الحرارة العالية والضغط العالي أو تعرض الخرسانة لمياه متحركة أو تحت ضغط هيدروستاتيكي أو الرج السريع ويقل معدل تأثير الخرسانة في درجة الحرارة المنخفضة - وكذلك في وجود كميات قليلة من المياه . ووجود مياه متحرك يبطئ هذا لأن المكونات الضارة تتزايد نسبياً يبطئ كما هو في حالة التربة قليلة النفاذية (معامل النفاذية) $K > 10^{-6}$ م / ثانية .

الثاني عشر : التربة :

التربة الضارة :

١) الفحص الحارجي :

- أ (الحامضية العضوية .
 ب (الكبريتات (كـ ٣) % للترية الجففة بالهواء .
 ج (كبريتيد (كـ) % للترية الجففة بالهواء .
 كبريتيد أكثر من ١٠٠ جم / ك على هيئة كـ للترية الجففة
 في الهواء (أكثر من ٠,٠١ % كـ ٣) .
 التربة المهاجمة :

وهذا الفحص يدل على أهم خواص ومكونات التربة الضارة
 كيميائياً بالخرسانة والتقييم الخاص بواسطة الجبر ضروري جداً
 في حالة التلوث الصناعي وكذلك في حالة التربة المحتوية على
 أن قيم هذه الحدود تقل إذا ما قلت نفاذية التربة .

جدول يبين حدود وتقييم خطورة التربة المهاجمة على الخرسانة

الاعتبارات	الخطورة	
	خطورة بسيطة	خطورة جسيمة
حامضياً الكبريتات (كـ ٣) للترية المزودة هوائياً (%)	أقل من ٢٠ ملل ٠,٤٢ - ٠,١٧	أقل من ٠,٤٢

ملحوظة : يستعمل الأسمنت ذو المقاومة العالية للكبريتات عندما تزيد نسبة الكبريتات بالماء عن ٤٠٠ جم / لتر (كـ ٣)
 عدا مياه البحر ، أو في حالة زيادة الكبريتات عن ٠,٣ % للترية الجففة هوائياً والحدود المفتوحة لتواجد هذه الأملاح بالجدول التالي .
 ثالث عشر : الغازات :

يمكن بالخبيرة تقييم خطورة الغاز في حالة تواجده بكثرة في الوسط المحيط بالخرسانة ويمكن تحليله لمعرفة مكوناته والتعرف أيضاً
 على الغاز المتواجد بالخرسانة للمقارنة .

جدول تأثير الخرسانة بالترية والمياه الحمضية على تركيزات مختلفة من الكبريتات

الكبريتات درجة التأثير	الترية الكبريتات القابلة للذوبان في الماء (كـ ٣) %	المياه الجوفية الكبريتات في المياه (كـ ٣) جزء في المليون
تأثير ضعيف	صفر - ٠,٠٨	صفر - ١٢٥
تأثير إيجابي	٠,٠٨ - ٠,١٧	١٢٥ - ٨٠٠
تأثير محسوس	٠,١٧ - ٠,٤٢	٨٠٠ - ١٦٠٠
تأثير خطير	أكثر من ٠,٤٢	أكثر من ١٦٠٠

كبريتات مهاجمة للخرسانة .

جدول يبين تأثير الخرسانة بالكبريتات في وجود الكلوريدات

مهاجمة المياه في الظروف العادية	الكبريتات (كـ ٣) الذاتية في الماء	
	كل > ١٠٠٠ جم / لتر	كل < ١٠٠٠ جم / لتر
	كل > ١٠٠٠ جم / لتر	كل < ١٠٠٠ جم / لتر
درجة المهاجمة	كل > ١٠٠٠ جم / لتر	كل < ١٠٠٠ جم / لتر
عملياً ليس خطراً	أقل من ١٥٠	أقل من ٢٠٠
ضعيف للمهاجمة	١٥٠ - ٣٠٠	٢٠٠ - ٣٥٠
متوسط للمهاجمة	٣٠٠ - ٥٠٠	٣٥٠ - ٦٠٠
عالي للمهاجمة	٥٠٠ - ١٠٠٠	٦٠٠ - ١٢٥٠
خطير للمهاجمة	أكثر من ١٠٠٠	أكثر من ١٢٥٠

٢٦ = للماغسيوم (أيون) .

● كل - = كلور (أيون) .

٢٦ = الأمونيا (أيون) .

جدول يبين الاحياطات اللازمة لحماية الخرسانة من الكبريتات المهاجمة

الكمية على هيئة كب أم			خرسانة جيدة الرمل		
الترية			نوع الأمحت		
المياه الجوفية			أقل حموى الأمحت		
			أقل حجم للركام المسعمل		
			الماء / الأمحت		
			٤٠ م	٢٠ م	١٠ م
١	أقل من ٠,٢	—	أمنحت بورتلاندى عادى أو أمنحت حديدى	٢٤٠ كجم/ م ^٣	٢٣٠ كجم/ م ^٣
٢	٠,٢ - ٠,٥	—	أمنحت بورتلاندى عادى أو أمنحت حديدى أمنحت مقوم للكبريتات	٢٩٠ كجم/ م ^٣	٢٨٠ كجم/ م ^٣
٣	٠,٥ - ١	١,٩ - ٣,١	أمنحت مقوم للكبريتات	٢٩٠ كجم/ م ^٣	٢٨٠ كجم/ م ^٣
٤	١ - ٢	٣,١ - ٥,٦	أمنحت مقوم للكبريتات	٣٣٠ كجم/ م ^٣	٣٧٠ كجم/ م ^٣
٥	أكثر من ٢	أكثر من ٥,٦	مثل البند (٤) مع إضافة مادة عازلة لتلوث في الماء لتكون طبقة حماية على الأسفلت أو أي بيوتوم مستحلب .	٣٧٠ كجم/ م ^٣	٤٢٠ كجم/ م ^٣

حماية الأساسات من تأثير الكيماويات :

ملحوظة :

- إذا زادت نسبة ثالث أكسيد الكبريت الذائبة بالخاص (الكبريتات الكلية) في عينة التربة عن ٠,٥٪ يجب تعين نسبة الكبريتات الذائبة في الماء على هيئة ثالث أكسيد الكبريت حيث إن التربة الجبسية أو التربة المحتوية على عروق الجبس تحوى على كبريتات لا تنسب في الماء في الظروف العادية وتعتبر غير ضارة إذا ما احتفظ الوسط بها دون تغيير يساعد على ذوبانها والذي يؤدي إلى زيادة نسبة ثالث أكسيد الكبريت إلى الحد الضار .
 - يمكن التغاضي عن استخدام الأمحت المقوم للكبريتات في جرسانة الأساسات الضحلة في التربة الصخرية - حيث تغيب المياه الأرضية عند الإنشاء مع احتمال تولدها مستقبلاً - ولكن يلزم دهان أوجه الخرسانة المسلحة بوجوه على الأقل من البيتومين المؤكسد أو أى مادة عازلة مع زيادة سمك الغطاء الخرساني حول حديد التسليح . كما يحدد الخرسانة العادية أسفل القواعد المسلحة باعتبار أن إجهادات التحميل تنتقل من القواعد المسلحة خلال القواعد العادية إلى التربة بمستويات تميل ٢ : ١ (٢ رأسى : ١ أفقى) .
 - في الأساسات الخازوقية تزداد نسبة الأمحت في الخرسانة عن الموضحة بالجدول بمقدار ٧٠ كجم للمتر المكعب .
- تعتبر الكبريتات التي توجد بالتربة والمياه الجوفية . وكذلك الأحماض الموجودة في التربة العضوية من أكثر الكيماويات الضارة بخرسانة الأساسات .
- وكقاعدة عامة فإن الأساسات يمكن أن تقوم التأثير الضار لهذه الكيماويات في حالة ما إذا كانت الخرسانة المستخدمة في الأساسات عالية الكثافة . وذات حموى أمحت غنى . مع زيادة سمك الغطاء الخرساني لحديد التسليح . ويوضح الجدول السابق التوصيات والاحياطات الواجب مراعاتها في تصميم الخلطات الخرسانية المسلحة للأساسات لمقاومة الكبريتات .
- ولاستخدام هذا الجدول يجب الأخذ في الاعتبار النقاط التالية:
- يشترط أن يكون الأس الهيدروجيني (P.H) للمياه الجوفية بين ٦ ، ٩ ، وألا تكون التربة أو المياه الجوفية ملوثة بكبريتات غير طبيعية أملاح الأمونيوم على سبيل المثال .
 - لا يوصى باستخدام الخرسانات المجهزة من الأمحت البورتلاندى العادى في الحالات الخاضعة (> PH6) ويمكن الحصول على خرسانة مقاومة للأحماض ذات التركيز الضعيف بزيادة كثافة الخرسانة وتقليل نفاذيتها إلا أنه يصعب الحصول

- (١٦) وجود جنود الأشجار أو النباتات بالقرب من الأساسات .
(١٧) التأسيس بطريقة غير مناسبة على تربة انهارية أو تربة انتفاشية .

ج - أحوال الزلازل التصميمية :

١ - مقدمة :

- أ (هذا الفصل يقدم ضوابط تصميم المباني المقاومة للزلازل .
ب) وضعت الضوابط المذكورة في هذا البند بحيث تتجاوب المباني مع الزلازل المرصدة لها طبقاً لشدة الزلازل ونوع المبني بحيث تكون المباني قادرة على قدر المستطاع أن تتجاوب مع هزات متوسطة الشدة بدون تصدع إنشائي وأن تتجاوب مع هزات ذات شدة عالية نسبياً بدون انهيار كامل .
ج - تسبب الزلازل حركة عشوائية للأرض تنتج عنها عجلة أرضية يمكن تحليلها إلى ثلاثة مركبات اثنان منها أفقيتان والثالثة رأسية .

- د) يفترض عند التصميم أن القوى الزلزالية الأفقية تؤثر في اتجاه المحاور الرئيسية للمبنى في كل اتجاه على حدة ولكن ليس في الاتجاهين معاً في نفس الوقت .

- هـ) يراعى عند التصميم عدم أخذ أحوال الزلازل وأحوال الرياح معاً ويتم تصميم المباني وعناصرها المختلفة على الأكبر تأثيراً منهما .

- و) يكون معيار تصميم المباني كالتالي :

- ١) تستخدم طريقة « الحمل الإستاتيكي المكافئ » المذكور (في البند ٣ التالي) للمباني التي لا تزيد ارتفاعها عن ٤٥ متراً ولها شكل منتظم وذات طراز إنشائي منتظم لمقاومة الأحوال .

- ٢) تستخدم طريقة « التجاوب العليفي » المذكورة (في البند ثانياً) للمباني التي يتراوح ارتفاعها بين ٤٥ و ٧٥ متراً وذات طراز إنشائي منتظم لمقاومة الأحوال .

- ٣) تستخدم طريقة « التجاوب الديناميكي » المذكورة (في البند ثالثاً) للمباني التي يزيد ارتفاعها عن ٧٥ متراً للمباني غير المنتظمة وكما هو موضح (في البند ثالثاً) .

- ز) يتكون الطراز الإنشائي المنتظم من بلاطات لا كمرية أو بلاطات بكرمات مع أعمدة وحوائط قص بحيث تمتد الأعمدة وحوائط القص باستمرارية حتى متسوب الأساسات .

٢ - الإجهادات المسموحة :

- أ) عند تصميم المنشآت ضد الزلازل طبقاً لطريقة « إجهاد التشغيل » فإنه يمكن زيادة الإجهادات المسموحة للمواد

على عرسانة ذات مقاومة مناسبة للأحماض عالية التركيز وتعتبر مقاومة الأسمت السوبر سلفات للأحماض ضعيفة التركيز أحسن من الأسمت البورتلاندى العادى إلا أنه يجب الأخذ في الاعتبار الحدود المقترحة من الجهة المصنعة لهذا النوع من الأسمت .

٣) عند وجود قطاعات خرسانية رقيقة أو قطاعات معرضة لضغط هيدروستاتيكي على جانب واحد فقط . أو قطاعات مغمورة جزئياً فإنه يجب تخفيض نسبة مياه الخلط إلى الأسمت أو زيادة كمية الأسمت .

٤) على الرغم من أن أملاح الكلوريدات ليس لها تأثيراً ضاراً مباشراً على الخرسانة مهما كان تركيزها إلا أن احتراق أملاح الكلوريدات للغطاء الخرساني يساعد على صدأ حديد التسليح . ولذلك يجب التأكد على أهمية أن تكون الخرسانة كثيفة وسمك الغطاء الخرساني من ٥ إلى ٧ سنتيمترات وذلك في حالة زيادة كمية الكلوريدات عن ٣٠٠٠ جزء في المليون مع استخدام غطاء عازل مثل الأسفلت أو البيتومين أو تغليف الأساس بمادة غير منفذة للمياه .

بعض أسباب فشل الأساسات الضحلة :

كثيراً ما يرجع السبب في حدوث التصدعات أو انهيار المنشآت إلى تصدع أو فشل الأساسات . وفيما يلي بعض الأسباب التي تؤدي إلى فشل الأساسات الضحلة :

- ١) علم القيام بدراسة الموقع أو إجراء استكشاف غير سليم للموقع من حيث. عدد الجسات وأعماقها ونوع التثبيت المستخدم .
- ٢) التوصيف الخاطئ للتربة .
- ٣) عدم الدقة في تحديد خواص التربة .
- ٤) التغير في خواص التربة ومتسوب المياه الأرضية .
- ٥) عدم إجراء تحليل كيميائي للتربة والمياه الأرضية .
- ٦) الحفر لمعمق يزيد عن أعماق الأساسات للمنشآت المجاورة بدون عمل الدراسات والاحياطات اللازمة .
- ٧) استخدام طريقة غير مناسبة لنزع المياه الأرضية .
- ٨) وجود مصدر للاهتزازات زائلة .
- ٩) عدم إزتن القوى الأفقية .
- ١٠) ضغط التحميل الزائد على التربة .
- ١١) الهبوط متفاوت الزائد .
- ١٢) استخدام أنواع غير مناسبة من الأساسات .
- ١٣) تأسيس الأجزاء المختلفة لنفس المنشأ على طبقات مختلفة من التربة .
- ١٤) النحر .
- ١٥) انتفاش التربة عند انخفاض الحرارة إلى درجة التجمد .

المستخدمة في الإنشاء بمقدار ٣٣٪ وذلك عندما تؤخذ قوى بشرط أن يكون النظام الإنشائي المقاوم لتلك الأحمال منتظم في الزلازل إلى جانب القوى التصميمية الناتجة من الأحمال الميتة السقوط الأقصى وبكامل ارتفاع المبني . والأحمال الحية .

ب) لا يسمح بأى زيادة في إجهادات التماسك بين حديد التسليح والخرسانة في المنشآت الخرسانية المسلحة .
ج) لا يسمح بزيادة الإجهادات المسموحة عند تصميم طبقاً لطريقة « الحمل الإنشائي المكافئ » .
د) لا يسمح بزيادة الإجهادات المسموحة عند تصميم طبقاً لطريقة « الحمل الإنشائي المكافئ » .
هـ) القوى العرضية التصميمية :
للمنشآت المعدنية .

عند أخذ قوى الزلازل في الاعتبار عند التصميم فيمكن زيادة إجهاد تحمل التربة بمقدار ٣٣٪ ولا يسمح بأى زيادة في إجهاد تحمل التربة في حالة الرمل السائب والطين الضعيف .
على حدة وتحسب هذه القوى من المعادلة التالية :

$$V = Z \cdot I \cdot S \cdot K \cdot C \cdot W$$

(معادلة ١)

حيث :

تستخدم الأحمال التصميمية للزلازل والميتة في هذا البند
حساب قوى القص العرضية .
وقوى العزوم على المبنى ذات ارتفاع لا يزيد عن ٤٥ متراً

جدول يبين قيم معامل المنطقة الزلزالية (Z)

رقم المنطقة	المنطقة	Z
٣	شبه جزيرة سيناء والمحافظات الواقعة على طول البحر الأحمر والبحر المتوسط والمحافظات أسوان والقويس والسويس والإسماعيلية .	٠,٤
٢	المحافظات الواقعة على طول وادي النيل فيما عدا ما ذكر عليه .	٠,٢
١	باقي محافظات الجمهورية	٠,١

(I) هو معامل أهمية المبني : ويحدد على الاستخدام المتوقع له . وتؤخذ قيم هذا المعامل من الجدول التالي .

جدول يبين قيم معامل أهمية المبني (I)

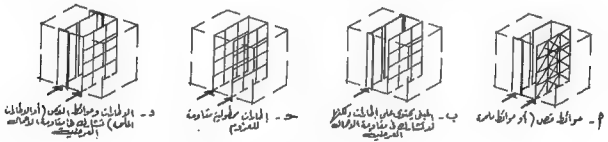
I	المنطقة
١,٥	مبانى عامة : المبانى التي يجب أن تكون آمنة ويمكن استعمالها لأغراض الطوارئ بعد الزلازل مثل للمستشفيات وعطلات الإطفاء وأقسام الشرطة وغرفة عمليات الكوارث والاتصالات ... إلخ
١,٢٥	مبانى عامة : المبانى المستخدمة بواسطة تجمعات كبيرة من الأشخاص مثل للفرس والمنشآت الرياضية ودور العرض السينمائي ودور العبادة .
١,٠	مبانى عادية : المبانى السكنية والفنادق والمبانى الإدارية والمطاعم والمنشآت الصناعية ... إلخ

(S) هو معامل التربة ويعتمد على نوع التربة التي يتركز عليها المبنى ، وتؤخذ قيم هذا المعامل من الجدول التالي .

جدول يبين قيم معامل التربة (S)

نوع التربة	نوع وعمق التربة	S
١	صخر ، تربة رملية كثيفة أو كثيفة جداً ، تربة طينية شديدة التماسك أو صلابة ذات عمق يزيد عن ١٥ متراً - تربة رملية متوسطة الكثافة ، تربة طينية متماسكة أو متوسطة التماسك ذات عمق أقل من ١٥ متراً .	١,٠
٢	تربة رملية متوسطة الكثافة ، تربة طينية متماسكة أو متوسطة التماسك ذات عمق أكبر من ١٥ متراً - تربة رملية سائلة إلى سائلة جداً ، تربة طينية ضعيفة أو ضعيفة جداً بعمق أقل من ١٥ متراً .	١,٣٠
٣	تربة رملية سائلة أو سائلة جداً ، تربة طينية ضعيفة أو ضعيفة جداً بعمق أكبر من ١٥ متراً .	١,٥٠

(K) هو معامل النظام الإنشائي للمبنى ويعتمد على نوعية وترتيب نظام مقاومة الأحمال الأفقية كما هو موضح بالشكل التالي وتؤخذ قيم هذا المعامل من الجدول التالي :



شكل يبين الأنظمة الإنشائية لمقاومة الأحمال الأفقية

جدول يبين معامل النظام الإنشائي للمبنى (K)

K	النظام الإنشائي
١,٣٣	مبنى ذات نظام الصندوق
٠,٨٠	مبنى ذات نظام إنشائي يتكون من إطار فرائض معطول مقاوم للزلازل وحائط قص (أو إطار ملجم) مصمم بحيث : (١) الإطارات وحوائط القص (أو الإطارات الملجمة) تقاوم القوة العرضية الكلية طبقاً لصلادتهم النسبية . (٢) حوائط القص (أو الإطارات الملجمة) حاملة دون اعتماد على الإطار الفرائض ، تقاوم القوة العرضية الكلية . (٣) الإطار الفرائض يقاوم ما لا يقل عن ٢٥٪ من القوة العرضية الكلية .
٠,٦٧	مبنى ذات إطار فرائض معطول مقاوم للزلازل مصمم ليقاوم القوة العرضية الكلية .
١,٠	النظم الإطارية الأخرى

(C) هو معامل المنشأ ويحدد من المعادلة التالية :

$$C = \frac{1}{15 (T)^2}$$

معادلة رقم (٢)

ولا تزيد قيمة (C) عن ٠,١٢ .

حيث (T) هي الفترة الأساسية للمبنى بالثانية ويمكن تعيينها بإجراء اختبارات على مبانى مماثلة أو حسابها بأى من طرق التحليل الجذرية وكحل بديل يمكن تعيين (T) للمبانى متعددة الأدوار كما على :

أ (للمبانى ذات الإطار الفراغى الممتلئ المقاوم للزلازل المصممة لتقاوم القوة العرضية الكلية .

$$T = 0.1 N \quad \text{معادلة رقم (٣)}$$

حيث (N) هو عدد الأدوار شاملة أدوار البلروم .
ب (للمبانى متعددة الأدوار من الأنواع الأخرى .

$$T = \frac{0.09 H_m}{d^{\frac{1}{2}}} \quad \text{معادلة رقم (٤)}$$

حيث (H_m) هو الارتفاع الكلى للمبنى فوق القاعدة (بالتر) و (d) هو أكبر بعد للمبنى فى المسقط الأفقى عند منسوب القاعدة (بالتر) وفى اتجاه مواز للقوى الزلزالية .

(W) هو الوزن التصميمى للمنشأ ويتكون من الحمل الميت أعلا منسوب ظهر الأساسات شاملاً حمل القواطع مضافاً إليه ٢٥٪ من الحمل الحى التصميمى عندما يكون الأخير أقل من ٥٥٠ كجم / م^٢ أو ٥٠٪ عندما يكون أكبر من أو يساوى ٥٠٠ كجم / م^٢ .

توزيع القوى العرضية :

يؤخذ تأثير الزلازل على المبانى كقوة إستاتيكية عرضية تؤثر عند منسوب بلاطة كل دور من الأدوار المبنى شاملة بلاط السطح وتحسب القوى العرضية طبقاً للمعادلة التالية :

$$F_j = \frac{W_j \cdot H_j}{\sum_{i=1}^N W_i H_i} (V - F_p) \quad \text{معادلة رقم (٥)}$$

حيث :

W_j : الوزن التصميمى للدور رقم (j) .

H_j : ارتفاع بلاطة الدور رقم (j) مقاس من منسوب ظهر الأساسات .

F_p : قوة إضافية تؤثر عند منسوب بلاطة السطح وتحسب من المعادلة التالية :

$$F_p = 0.07 T \cdot V \quad \text{معادلة رقم (٦)}$$

ولا تزيد F_p عن ٢٥٪ من (V) وتؤخذ صفرًا عندما تكون (T) أقل من أو تساوى ٠,٧ من الثانية .

ثانياً : طريقة طيف التجارب :

تستخدم أحوال الزلازل التصميمية المبينة فى هذا البند وطريقة توزيعها للمبانى ذات الارتفاع الأكبر من ٤٥ متراً وحتى ٧٥ متراً وذات طراز إنشائى منتظم لمقاومة الأحمال .

ويؤخذ تأثير الزلازل على المبانى المذكورة فى هذا البند كقوى إستاتيكية عرضية تؤثر عند منسوب بلاطة كل دور من أدوار المبنى وتحدد قيمها باستخدام الخواص الديناميكية للمنشأ كالفتره الطبيعية والمود (mode) الطبيعى والتي يتم تعيينها بطريقة التحليل المودى ويجب ألا تقل القوى العرضية المحسوبة طبقاً لهذا البند عن ٨٠٪ من قيمة القوى العرضية المحسوبة طبقاً للبند ٣ من أولاً .

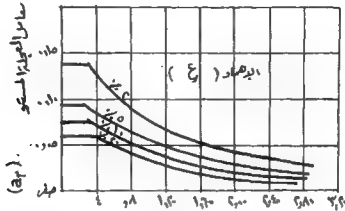
١) المعامل الزلزالى التصميمى :

يستخدم معامل زلزالى C_p عند حساب أحمال الزلازل التصميمية طبقاً لما هو موضح فى هذا البند ويحسب من المعادلة التالية :

$$C_p = Z \cdot I \cdot S \cdot a_p \quad \text{معادلة رقم (٧)}$$

حيث :

$Z_{I,IS}$ معاملات تحدد قيمتها (من البند أ من ٣ من أولاً) .
 α_r : معامل العجلة المتوسطة ويحدد من الشكل التالى طبقاً للفترة الطبيعية T والامداد المودى (\bar{c}) للمود (r) للمنشأ

الفترة الطبيعية (T_r)

شكل يبين معامل العجلة المتوسطة بحدوث الفترة الطبيعية
 والامداد المودى

وتحدد قيم T_r من تحليل الاهتزاز الحر للمبنى كما تعين قيم \bar{c} باستخدام إحدى الطرق التجريبية أو التحليلية المناسبة ويمكن الاستعانة بالجدول التالى لتحديد قيم \bar{c} التقديرية .

جدول يبين قيم المعامل \bar{c}

نوع المنشأ	المعامل \bar{c} (%)
حديدي ذو وصلات ملحومة أو من الخرسانة سابقة الإجهاد	٢ - ٣
من الخرسانة المسلحة	٣ - ٥
حديدي ذو وصلات قهرشام أو ذو وصلات بمسامير القلاووظ	٥ - ٧

٣ - قوى القص عند منسوب بلاطة الدور :

يمكن الحصول على قوة القص V_j المؤثرة عند منسوب بلاطة الدور z من المعادلة التالية :

معادلة رقم (١٠)

$$V_j = (1-p) \cdot \left[\sum_{i=1}^N V_i^2 \right] + p \sqrt{\sum_{i=1}^N (V_i^2)^2}$$

حيث :

V_j = القيمة القصوى المطلقة لقوة القص أسفل بلاطة الدور

z من المود (mode) (r) وتحدد بتجميع أحمال

الدور للمود (F_j^r) (mode) (r) للأدوار (j) ما

فوقها ، أى :

$$V_j^r = \sum_{i=1}^N F_i^r$$

P = معامل يعتمد على الارتفاع الكلى للمبنى كما هو معطى

فى الجدول التالى .

٢ - الأحمال المودية (Modal) للأدوار :

تحدد القوة F_j^r مؤثرة عند مستوى الدور z والناجمة عن مود (mode) الاهتزاز (r) من المعادلة التالية :

$$F_j^r = \alpha_r \cdot C_r \cdot \phi_j^r \cdot w_i \quad \text{معادلة رقم (٨)}$$

حيث :

w_i = سيق تعريفها فى البندين رقمى (ب من ٢ من أولاً) و (١) من ثانياً .

ϕ_j^r = العنصر رقم (z) من متجه الشكل المودى (ϕ^r)

وتعين بطريقة التحليل المودى .

α_r = عنصر المشاركة للمود (r) ويحدد من المعادلة

التالية :

$$\alpha_r = \frac{\sum_{i=1}^N w_i \cdot \phi_i^r}{\sum_{i=1}^N w_i \cdot (\phi_i^r)^2}$$

معادلة رقم (٩)

سادساً : تأثير الزلازل على الأنواع المختلفة للأساسات :

يبين هذا الفصل تأثير الزلازل على الأساسات الضحلة والعميقة ويعطى توصيات للتقليل من هذا التأثير .

ينتج التأثير الأكبر للزلازل على الأساسات من المركبتين العرضيتين للعجلة الزلزالية وعادة ما يعمل تأثير المركبة الرأسية .

الأساسات الضحلة :

(١) القواعد المنفصلة :

تسبب الحركة الاهتزازية الناتجة من الزلازل إزاحة أفقية نسبية بين القواعد مما يؤدي إلى زيادة الإجهادات في قطاعات الأعمدة أسفل البلاطة الأولى للمبنى مباشرة .

وتنشأ الإزاحة الأفقية النسبية بين القواعد المنفصلة نتيجة انزلاقها وذلك لعدم كفاية مقاومة الاحتكاك للقواعد والمرتكزة على تربة رملية أو نتيجة للتشوهات التي قد تحدث بين القواعد في التربة الطينية المتناسكة .

ولتقليل هذا التأثير يجب أن تعمل القواعد معاً كوحدة جاسئة واحدة وذلك بتزويدها بعناصر إنشائية رابطة قادرة على أن تحمل قوة محورية تصميمية في الضغط وفي الشد لا تقل عن ١٠٪ من الحمل الرأسى الأكبر من الأحمال المؤثرة على أى من القاعدتين التي يربطهما العنصر الرابط هذا ويوصى أن توضع تلك العناصر الرابطة في مستوى القواعد المسلحة على أن يمتد حديد تسليحها إلى نهاية الأعمدة .

(٢) الأساسات الشريطية :

يمكن أن تتعرض الأساسات الشريطية إلى إزاحة أفقية نسبية . وينتج عن الإزاحة الأفقية في الاتجاه العمودى على محور الأساسات الشريطية زيادة في الإجهادات على الأعمدة كما هو مذكور في البند السابق .

ولذلك تربط الأساسات الشريطية المتوازية بواسطة عناصر ربط عرضية بين الأعمدة وتصمم هذه العناصر لتحتمل قوة محورية في الضغط وفي الشد لا تقل عن ١٠٪ من الحمل الأكبر من الحمل الواقع على أى من العمودين .

وإذا ما كانت الأساسات الشريطية في الاتجاهين فإن الأشرطة في اتجاه عمل كعنصر ربط للأشرطة في الاتجاه الآخر .

الأساسات البشبة :

لا يظهر تأثير الزلازل المذكورة في البندين السابقين على الأساسات من نوع البشبة المسلحة ويكون التأثير الرئيسى على

جدول يبين قيم المعامل (P)

الارتفاع (H_m) (متر)	(P)
حتى ٢٠ متر	٠,٤
٤٠ متر	٠,٦
٦٠ متر	٠,٨
٧٥ متر	٠,٩

ثالثاً : طريقة التجاوب الديناميكي :

يتم التصميم ضد الزلازل طبقاً لطريقة التجاوب الديناميكي المبينة في هذا البند للمباني التالية :

- مباني ذات ارتفاع أكبر من ٧٥ متراً .
- مباني ذات ارتفاع أكبر من أو يساوى خمس مرات أقل من بعد للمبنى في المسقط الأفقى .
- مباني ذات طراز غير منتظم لمقاومة الأحمال .
- مباني غير منتظمة الشكل .
- مباني ذات فروق كبيرة في المقاومة العرضية للأدوار المتتالية .
- مباني ذات لا مركزية تصميمية تزيد عن ٢٥٪ من أكبر بعد للمبنى في المسقط الأفقى عمودى على اتجاه القوى العرضية .
- مباني ذات خواص إنشائية غير عادية أخرى .

ويمكن تحديد التجاوب الديناميكي للمنشأ نتيجة الحركة الأرضية وذلك بتكامل معادلات الحركة للمنشأ بالنسبة للزمن ويجب أن يشمل التحليل الديناميكي الخواص الديناميكية لكل من المنشأ والتربة الحاملة له .

رابعاً : الإزاحة العرضية :

يجب ألا تزيد الإزاحة العرضية النسبية بين دورين متتاليين الناتجة عن قوى الزلازل عن ٠,٠٠٤ (أربعة في الألف) من الفرق في النسب بين هذين الدورين .

خامساً : اللتى :

يجب أن تكون الأعضاء المقاومة للقص في المباني قادرة على مقاومة عزوم لى ناتجة من لا مركزية في كل من الاتجاهين محدد إما من اللامركزية المحسوبة بين مركزى الكتلة والجساسة مضافاً إليها $\pm ٥\%$ من أكبر بعد للمبنى في المسقط الأفقى عمودى على اتجاه القوى العرضية ، أو مرة ونصف اللامركزية المحسوبة أيهما أكبر .

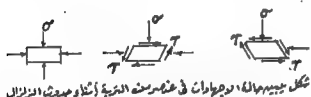
يتزايد مقدار هذا الضغط داخل الفراغات حتى يصل إلى الحد الذي يصبح عنده الضغط داخل الفراغات مساوياً للضغط الفعال الناتج عن أوزان التربة . وعند هذه المرحلة يفقد الرمل مقاومته لإجهادات القص تماماً ويتحول إلى معلق لا يمكنه تحمل أى حمل أو المحافظة على أى ميل .

٣ - مبدأ النسبة الحرجة للفراغات :

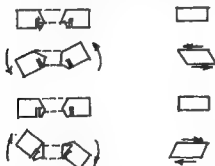
تعرف النسبة الحرجة للفراغات بأنها النسبة التي لا يحدث معها أى تغير حجمي للتربة أثناء القص ويجب استعمال هذه النسبة لأغراض التقييم المبدئي لقابلية التربة الرملية للتسلييل حيث إن سلوك التربة تحت تأثير الأحمال المترددة يختلف اختلافاً كبيراً عن سلوكها تحت تأثير الأحمال الإستاتيكية (والتي يتم منها تعيين نسبة الفراغات الحرجة) ويجب أخذ عوامل كثيرة في الاعتبار عند دراسة الظروف التي تؤدي إلى التسلييل مثل قيمة الإجهاد المتردد ومدة تأثيره وحالة الإجهادات الابتدائية للتربة قبل تأثير الإجهادات المترددة .

٤ - سلوك التربة الرملية المشبعة تحت تأثير الأحمال المترددة .

يمكن تمثيل حالة الإجهادات التي يتعرض لها عنصر من التربة أثناء حدوث زلازل بطريقة معملية عن طريق استخدام اختبار القص البسيط الترددي أو اختبار ثلاثي المحاور الترددي وتوضيح الأشكال التالية حالات الإجهادات الواقعة على عينة التربة في كلا الاختبارين كما تبين هذه الأشكال بعض النتائج المعطية لتزايد ضغط الماء داخل الفراغات والذي يؤدي إلى حدوث التسلييل بعد بضع دورات من التحميل .



شكل يبين الحالة، ودورات في عنصر من التربة أثناء حدوث زلازل



شكل يبين اختبار القص البسيط الترددي

المباني ذات الأساسات الضحلة من هذا النوع غير المزود بيدرول عميق هو الانقلاب والرفع الناتج من قوى عزم القصور الذاتي المرصية .

ويوصى في هذه الحالة أن يكون الوزن الذاتي للمنشأ كافياً للاتزان المطلوب ضد الانقلاب والرفع وقد يلزم الأمر زيادة وزن الأساسات أو إضافة ردم فوق الأساسات لتحقيق درجة الاتزان المطلوبة .

الأساسات العميقة :

عند استخدام الأساسات العميقة من نوع الخوازيق فإنه لا يظهر تأثير الزلازل من حيث الانقلاب أو الرفع الناتجين من قوى عزم القصور الذاتي المرصية . ولكن يجب في هذه الحالة مراعاة تصميم الخوازيق لتحمل قوى القص الناشئة من الأحمال التصميمية للزلازل .

وتعامل الهامات المنفصلة معاملة القواعد المنفصلة من حيث وجوب تربطها مع بعضها بعناصر إنشائية رابطة . وإذا ما كانت الأساسات ليشة مسلحة على الخوازيق فإن خواص المنشأ الديناميكية وتجاوبه الديناميكي مع الزلازل تتأثر بخواص طبقات التربة العليا ذات القابلية العالية للانضغاط . ويوصى في هذه الحالة بإجراء تحليل ديناميكي مفصل يشمل تفاعل المنشأ مع التربة أسفله .

سابعاً : تسلييل التربة :

١ - مقدمة :

أثبتت دراسة حالات عديدة من فشل وانهار المنشآت أثناء الزلازل أن السبب في ذلك يرجع إلى الهبوط والهبوط غير المتأثر بدرجة كبيرة نتيجة انفعالات قص غير مقبولة في تربة الأساس ففي حالة التربة الرملية المشبعة السائلة أو متوسطة السلك يمكن أن تؤدي الحركات الأرضية إلى تناقص في مقاومة القص وزيادة في تشكل هذه التربة لدرجة حدوث كوارث انهيارات للمنشآت المؤسسة عليها . وتعدى هذه الانهيارات إلى ظاهرة التسلييل حيث تفقد التربة غير المتاسكة مقاومتها أثناء حدوث الزلازل وما يصاحب ذلك من تحركات كبيرة لكل التربة . أو هبوط وميل المباني ذات الأحمال الخفيفة نسبياً أو الحركات الجانبية للدعامات الكبارى أو فشل السدود والمنشآت المائية .

٢ - أسباب تسلييل التربة :

عندما يتعرض التربة غير المتاسكة المشبعة لحركات أرضية أثناء حدوث الزلازل فإنه قد يحدث بها تضائل في الحجم ويحدث هذا التضائل الحجمي في فترة زمنية قصيرة مما يسبب زيادة في ضغط الماء داخل الفراغات البينية للتربة . ومع استمرار الاهتزاز

المتجانسة لها قابلية أكبر للتسلي من المواد جيدة التدرج . كذلك فإن فرصة حدوث التسلي للتربة ذات التصريف الكبير نسبياً مثل الرمل الحشن والرمل اللطيف والرمل أقل منها في حالة الرمل الناعم والرمل الطمي .

كذلك فإن خصائص الحركة الأرضية أثناء الزلازل تتحكم في قيمة الانفعالات المتولدة التي تسبب التسلي ، فلتفلس العجلة المتولدة يتسبب الزلازل الأكبر مقدراً في زيادة حدوث الانهيارات نظراً لزيادة عدد دورات الانفعال المصاحبة له .

أما فيما يخص كثافة التربة فإن الرمل الكثيف يكون أقل عرضة للتسلي عن الرمل السائب . كذلك فإن زيادة الضغط الابتدائي إحاط المؤثر على التربة يؤدي إلى تقليل فرصة حدوث التسلي (مثل حالة الأعماق الكبيرة من التربة أو حالة منسوب مياه جوفى منخفض) ولم تسجل حالات التسلي على أعماق تزيد عن ٢٠ متراً أسفل سطح الأرض .

كذلك فإن قابلية التسلي تتأثر بإجهادات القص الابتدائية للتربة حيث تقل فرصة حدوث التسلي بزيادة نسبة إجهاد القص الابتدائي إلى الضغط الإحاط (مثل حالة تربة قديمة من المنحدر) .

٦ - تقدير قابلية التسلي :

يمكن حساب إجهاد القص الأقصى الناتج عن زلازل تصميمي باستعمال المعادلة التالية وذلك عند أى عمق من التربة .

$$\tau_{\max} = \sigma_0 \cdot \frac{a_{\max}}{g} \cdot rd \quad \text{معادلة رقم (١٢)}$$

حيث :

σ_0 = الإجهاد الكلي عند نقطة معينة نتيجة أوزان التربة فوقها .

a_{\max} = العجلة القصوى عند سطح الأرض .
 g = عجلة الجاذبية .

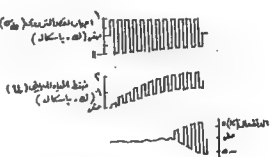
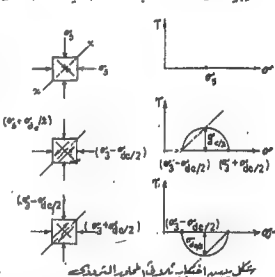
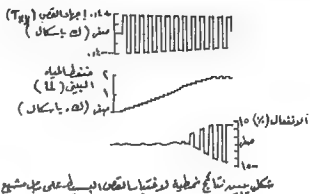
rd = معامل تقليل يتغير خطياً تقريباً من قيمة تساوى ١,٠ عند سطح الأرض إلى قيمة تساوى ٠,٨ عند عمق ١٥,٠٠ متر من سطح الأرض .

ويمكن تقريب الإجهاد المتوسط المكافئ الناتج عن الزلازل ليكون مساوياً ٦٥٪ من إجهاد القص الأقصى كما هو موضح بالشكل التالي وعلى ذلك يكون :

$$\tau_{av} = 0.65 \cdot \frac{a_{\max}}{g} \cdot \sigma_0 \cdot rd \quad \text{معادلة رقم (١٣)}$$

حيث

τ_{av} = إجهاد القص المتوسط المكافئ .



شكل ١ - نتائج نمطية لإحباط ثلاث الخواص الترددية على رمل مشبع

٥ - العوامل المؤثرة على تسلي التربة :

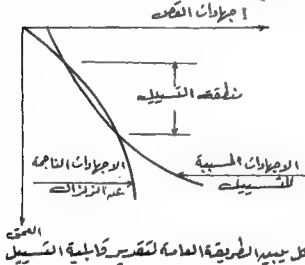
- أ) نوع التربة .
- ب) قيم ومدة تأثير الإجهاد المتكرر .
- ج) الكثافة الابتدائية .
- د) حالة الإجهادات الابتدائية بالموقع .

ويمكن التعبير عن نوع التربة غير المتناسكة عن طريق التوزيع الحبيبي وتوجد أدلة حقلية كافية بأن المواد ذات التوزيع الحبيبي

جدول يبين عدد الاهتزازات ذات الأثر (N_{sc})
لمقادير مختلفة من الزلازل

عدد الاهتزازات ذات الأثر	مقدار الزلزال
١٠	٧,٠
٢٠	٧,٥
٣٠	٨,٠

ومقارنة إجهادات القص الناتجة عن الزلزال: معادلة (١٣)
بتلك المطلوبة لإحداث التسييل معادلة (١٤) فإنه يمكن إيجاد
منطقة في خلال ترسيب التربة حيث يتوقع حدوث التسييل لها
كما في الشكل التالي :



شكل يبين الطريقة العامة لتقدير قابلية التسييل

٧ - تقدير قابلية التسييل بمعلومية مقاومة الاختراق :

يمكن تقدير قابلية التسييل اعتماداً على خصائص المقاومة
الحلقية للتربة مثل القياسات التي يمكن أن يتم الحصول عليها
باستخدام تجربة الاختراق القياسي . ويمكن تلخيص هذه الطريقة
كما يلي :

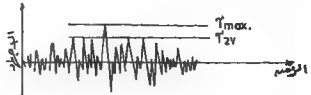
أ) يتم حساب نسبة الإجهادات المتولدة بالموقع خلال زلزال
تصميمي (R_1) .

$$R_1 = \frac{\tau_{zv}}{\sigma_0} \quad \text{معادلة رقم (١٥)}$$

حيث :

τ_{zv} = إجهاد القص المتوسط المكافئ الناتج عن الزلزال
(معادلة رقم ١٣) .

σ_0^- = الإجهاد المؤثر الناتج عن أوزان التربة الواقعة أعلا
الطبقة الرملية التي يتم دراستها .



شكل يبين إجهادات القص خلال فترة حدوث الزلزال

ولتقييم حالة الإجهادات المطلوبة لإحداث التسييل يمكن
استعمال تجربة ثلاثي المحاور الترددي وفي هذه الحالة تستخدم
العلاقة التالية لإيجاد حالة الإجهادات الحلقية التي تسبب
التسييل

معادلة رقم (١٤)

$$\left(\frac{\tau}{\sigma_0} \right)_{\text{Field}} = C_f \left(\frac{\sigma_{dc}}{2\sigma_3} \right)_{\text{triaxial}}$$

حيث :

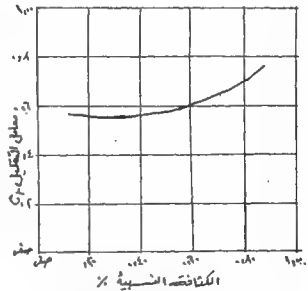
σ_0^- = الإجهاد الفعال الناتج عن أوزان التربة .

τ = إجهاد القص المناظر الذي يسبب التسييل في عدد من
الدورات مقداره (N_{sc}) .

σ_{dc} = فرق الإجهادات الترددية في تجربة ثلاثي المحاور .

σ_3 = الضغط الجانبي المتوسط في تجربة ثلاثي المحاور .

C_f = معامل تقليل في حدود ٠,٦ كما في الشكل التالي .



شكل يبين معامل التقليل بدلالة الكثافة النسبية

ويمكن أخذ عدد الاهتزازات ذات الأثر (N_{sc}) لمقادير
مختلفة من الزلازل من الجدول التالي :

جدول يبين معامل التقليل (D_E) ثوابت التربة طبقاً لقيم معامل مقاومة التسييل (F_L)

معامل مقاومة التسييل F_L	معامل التقليل (D_E)
$0.6 \geq F_L$	صفر
$0.8 \geq F_L > 0.6$	٠,٣٣
$1.0 \geq F_L > 0.8$	٠,٦٦
$1.0 < F_L$	١,٠

ثامناً : الترجيع :

يبين هذا الفصل تأثير الترجيع الناشئ عن الحركة العرضية نتيجة الزلازل والذي يؤثر على الاستقرار العام للمنشأ وبغير من الإجهادات الواقعة على الأعمدة والأساسات وخاصة الطرفية منها . يكون تأثير الترجيع مهماً بصفة خاصة في حالة المنشآت التي يكون نسبة ارتفاعها إلى عرضها كبيرة وكذلك في حالة الأجسام غير المثبتة ومنها ما يلي على سبيل المثال :

(أ) المنشآت الإنشائية العالية ذات العدد القليل من البوaky .
(ب) المداخل ذات الارتفاعات الكبيرة وما شابهها .
(جـ) الأجسام الجانصة المرتكزة على سطح الأرض بدون تثبيت كالقطع الأثرية والأجهزة الحساسة والكابلات .

وفي الحالتين أ ، ب يجب حساب الترجيع بدقة وذلك عن طريق التحليل الديناميكي للحركة الترجيحية وهذا التحليل يجب أن يأخذ في الاعتبار العوامل التالية :

- (١) الطبيعة غير الخطية للتصرف الترجيحي حيث تتغير نقط ارتكاز المنشأ على الأرض نتيجة الترجيع .
- (٢) التمثيل الدقيق للاتصال بين الأساسات والتربة الحاملة .
- (٣) الارتطام الذي يحدث بين القواعد المرفوعة والتربة الحاملة وما يتسبب عنه من آثار موضعية كالزيادة الكبيرة في الإجهادات وآثار عامة كإحداث الحركة الترجيحية .
- (٤) مرونة المنشأ والأساسات .

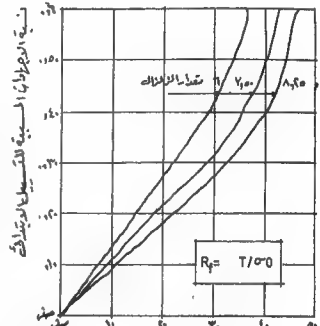
وفي الحالة (جـ) يمكن استخدام الطريقة التقريبية لحساب تأثير الترجيع والمذكورة في الطريقة التقريبية لحساب تأثير الترجيع في مراحل التصميم كما يمكن استخدام هذه الطريقة التقريبية لأغراض التصميم المبدئي في الحالة أ ، ب .

الطريقة التقريبية لحساب تأثير الترجيع :

١ - بدء الترجيع :

لحساب القيمة المخرجة للمعدة الأفقية (a_x) والتي تسبب بدء حدوث الحركة الترجيحية فإنه يمكن تمثيل المنشأ كجسم

ب) تقدر نسبة الإجهادات (R_p) اللازمة لإحداث التسييل وذلك بعملية مقدر الزلازل وعدد الدقات من تجربة الاختراق القياسي الحقلية (N) وذلك باستعمال الشكل التالي ويجب ملاحظة أن قيم عدد الدقات (N) يجب أن يصحح طبقاً لما جاء بكود دراسة الموقع .



مقاومة الضغط القياسي الحقلية (عدد الدقات - ٢٠٠)

شكل جيد المعاداة يبين نسبة الإجهادات الحسية
خروج التسييل ومقاومة الضغط القياسي الحقلية

جـ) بحسب معامل مقاومة التسييل (F_L) لكل طبقة كما يلي :

$$F_L = \frac{R_p}{R_1} \quad (\text{معادلة رقم ١٦})$$

ويمكن الحكم على طبقات التربة التي لها معامل مقاومة تسييل أقل من ١,٠ بأنها قابلة للتسييل أثناء الزلازل وعند تطبيق طريقة التصميم الخاصة بمقاومة الزلازل فإن ثوابت التربة لهذه الطبقات يجب أن تضرب في معامل تقليل (D_E) كما هو موضح بالجدول التالي .

تسبب قيمة الحمل الكلى الناتج عن الضغط الجانبي الفعال للتربة على الحائط من المعادلة الآتية :

$$P_{as} = \frac{1}{2} \gamma h^2 K_{as}$$

حيث :

P_{as} = الحمل الكلى الناتج عن الضغط الفعال للتربة لكل متر طول من الحائط .

γ = وزن وحدة الحجم من التربة .

h = ارتفاع الأتربة خلف الحوائط .

K_{as} = معامل الضغط الجانبي الفعال للتربة تحت التأثير السيزمي وبحسب من المعادلة التالية :

$$K_{as} = \frac{(1 \pm C_p) \cos^2(\phi - \lambda - \alpha)}{\cos \lambda \cdot \cos^2 \alpha \cdot \cos(\delta - \lambda + \alpha)} \left\{ \frac{1}{1 + \left[\frac{(\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - i - \lambda))}{\cos(\alpha - i) \cos(\delta + \alpha + \lambda)} \right]^{\frac{1}{2}}} \right\}^2 \quad \text{معادلة رقم (٢١)}$$

حيث :

الإستاتيكية (بدون التأثيرات السيزمية) وذلك بوضع $\lambda = \alpha_p = c_p = 0$ صفر في المعادلة السابقة رقم (٢١) ويكون ناتج الطرح هو مقدار الزيادة الديناميكية (أو الزيادة الناتجة عن التأثيرات السيزمية) .

يؤخذ موضع تأثير الحمل الإستاتيكي على ارتفاع $\frac{h}{3}$ من قاعدة الحائط . أما الزيادة الديناميكية فيؤخذ موضع تأثيرها في منتصف ارتفاع الحائط . وعلى ذلك يمكن تحديد نقطة تأثير الحمل الكلى P_{as} الموضح بالشكل السابق .

٢ - الضغط المقاوم للتربة :

يوضح الشكل التالى الحالة العامة التى يقابلها المصمم للحوائط الساندة تحت تأثير الضغط المقاوم .



C_p = المعامل السيزمى فى الاتجاه الرأسى . ويؤخذ تأثيره فى نفس الاتجاه . (الأسفل أو الأعلى) خلال تحليل اتزان الحائط ، وتؤخذ قيمته تساوى نصف قيمة المعامل السيزمى فى الاتجاه الأفقى C_{ph} والذي يحدد كما هو مبين بالبند أولاً .

ϕ = زاوية الاحتكاك الداخلى للتربة .

λ = معامل يعتمد على المعاملين السيزميين c_p ، c_{ph} وبحسب من المعادلة الآتية :

$$\lambda = \tan^{-1} \frac{c_{ph}}{1 \pm C_p} \quad \text{معادلة رقم (٢٢)}$$

حيث :

α = زاوية ميل ظهر الحائط مع الرأسى .

i = زاوية ميل سطح الأرض مع الأفقى .

δ = زاوية الاحتكاك بين التربة والحائط .

c_{ph} = المعامل السيزمى فى الاتجاه الأفقى . ويلاحظ أن قيمة P_{as} المحسوبة باستخدام المعادلات السابقة تتحدد على إشارة المعامل (c_p) والقيمة الأكبر منهما هى التى تؤخذ فى الاعتبار عند التصميم .

من القيمة المحسوبة للحمل الكلى كما سبق ، يمكن طرح قيمة الحمل الناتج عن ضغط التربة الجانبي الفعال فى الحالة

تُحسب قيمة الحمل الكلي الناتج عن الضغط الجانبي المقاوم للتربة على الحائط من المعادلة الآتية :

$$P_{ps} = \frac{1}{2} \gamma h^2 K_{ps} \quad \text{معادلة رقم (٢٣)}$$

حيث :

P_{ps} = الحمل الكلي الناتج عن الضغط المقاوم للتربة لكل متر طول من الحائط .
 K_{ps} = معامل الضغط الجانبي المقاوم للتربة تحت التأثير السيزمي ويحسب من المعادلة التالية :

$$K_{ps} = \frac{(1 \pm C_v) \cos^2 (\phi - \lambda + \alpha)}{\cos \lambda \cdot \cos^2 \alpha \cdot \cos (\delta - \lambda' - \alpha)} \left\{ 1 - \left[\frac{\sin (\phi + \delta) \sin (\phi + i - \lambda)}{\cos (\alpha - \delta) \cos (\delta + \alpha + \lambda)} \right]^2 \right\}^{\frac{1}{2}} \quad \text{معادلة رقم (٢٤)}$$

وبلاحظ أن قيمة P_{ps} المحسوبة باستخدام المعادلات السابقة تعتمد على إشارة المعامل C_v والقيمة الأصغر منهما هي التي تؤخذ في الاعتبار عند التصميم .

ويمكن حساب قيمة الحمل الناتج عن ضغط التربة الجانبي المقاوم في الحالة الإستاتيكية (بدون التأثيرات السيزمية) وذلك بوضع $\lambda = \lambda' = C_v = 0$ صفر في المعادلة رقم ٢٤ ثم تطرح من هذا الحمل قيمة الحمل الكلي المقاوم المحسوب من المعادلة رقم ٢٣ وناتج الطرح يكون هو مقدار النقص الديناميكي (أو النقص الناتج عن التأثيرات السيزمية) .

يؤخذ موضع تأثير الحمل الإستاتيكي المقاوم على ارتفاع $h/3$ من قاعدة الحائط . أما النقص الديناميكي فيؤخذ موضع تأثيره على ارتفاع $2h/3$ من قاعدة الحائط .

٣ - الضغط الفعال نتيجة حمل موزع على سطح الأرض :
 يمكن حساب المقدار الكلي (الإستاتيكي والسيزمي) للضغط الفعال على الحائط الساند نتيجة حمل موزع على سطح الأرض بكثافة (q) لوحدة المساحات من السطح المائل للتربة كما يلي :

$$(P_{ps})_q = \left[\frac{q h \cos \alpha}{\cos (\alpha - i)} \right] K_{ps} \quad \text{معادلة رقم (٢٥)}$$

ويمكن حساب قيمة الجزء الخاص بالتأثير السيزمي فقط بطرح الجزء الإستاتيكي من الحمل الكلي المحسوب من المعادلة السابقة . ويؤخذ موضع تأثير الجزء الخاص بالتأثيرات السيزمية على ارتفاع $2h/3$ من قاعدة الحائط بينما يؤخذ موضع تأثير الجزء الإستاتيكي في منتصف الارتفاع (h) .

٤ - الضغط المقاوم نتيجة حمل موزع على سطح الأرض :
 يمكن حساب المقدار الكلي (الإستاتيكي والسيزمي)

$$\lambda = \tan^{-1} \left(\frac{\gamma_s \cdot C_h}{\gamma_s - \gamma_w \cdot 1 \pm C_v} \right)$$

حيث :

- γ_s = وزن وحدة الحجم للتربة .
- γ_w = وزن وحدة الحجم للماء .
- C_h, C_v = كما تم تعريفها في البند ١ من تاسعا .

(٣) مقدار اللامركزية بين محصلة القوى المؤثرة على الحائط بما فيها تأثير الزلازل ومركز قاعدة الحائط (لا تزيد قيمته عن

(٣ تستخدم وحدة الحجم للتربة المقصورة في المعادلتين ٢٠ ، ٢٣ .

(٤) الفرق بين القيم المحسوبة كما هو مبين أعلاه والقيم المحسوبة للحالة الإستاتيكية (بوضع $c_p = c_v = \lambda = 0$) صفر وباستخدام وزن وحدة الحجم المقصورة (هو الزيادة أو النقص نتيجة للتأثيرات السيزمية .

٣ - عرض قاعدة الحائط .
(٤) لا يزيد ضغط الارتكاز على التربة أسفل الحائط عن الحدود المسموحة .

الحادى عشر : ثبات السدود الترابية والجسور :

١ - علم :

يمكن أن تتسبب الزلازل في حركات وانهيارات خطيرة للمباني الطبيعية أو الجسور أو السدود الترابية ، وقد ينتج الانهيار من ازدياد في إجهادات القص أو تناقص في مقاومة القص نتيجة الأحمال الناتجة عن الزلازل . فالحديد من أنواع التربة يحدث له نقص كبير في المقاومة نتيجة للتحميل المتكرر . وعلى سبيل المثال فالرمل ذو الكثافة القليلة أو المتوسطة والمغمور بالماء يتحول عرضة للتسلي . وهى حالة يمكن أن تفقد فيها التربة مقاومتها بالكامل . كذلك فإن التربة الطينية شديدة الحساسية يمكن أن يحدث لها نقص كبير في مقاومة القص نتيجة للتحميل الديناميكي . ومن الناحية الأخرى فإن الجسور التى تتشقق من تربة طينية أو تربة غير متاسكة ولكن جيدة الدعم يمكن أن تقاوم الزلازل القوية بكفاءة .

٢ - انهيار السدود الترابية :

يمكن أن ينهار السد الترابى نتيجة للزلازل بوحدة أو أكثر من الطرق الآتية :

(١) انشطار في جسم السد نتيجة حركة فائق رئيسى في الأساسات .

(٢) فقدان الارتفاع الخرفوق المياه نتيجة لفرق الضغط الناتج عن الحركات الأرضية السفلية .

(٣) فقدان الارتفاع الخرفوق المياه نتيجة لانهيار المبول بمجسم السد أو نتيجة لتضاغط التربة .

(٤) انهيار المفيض (spillway) أو مخارج المياه بالسد .

(٥) انهيار أنبوي نتيجة لسريان المياه داخل الشقوق الناتجة عن الحركة الأرضية .

(٦) لارتفاع المياه وغمرها لقمة السد نتيجة لسقوط كتل ترابية أو صخرية في الخزان .

(٧) لارتفاع المياه وغمرها لقمة السد نتيجة لارتفاع سطح المياه بتأثير المزة الأرضية .

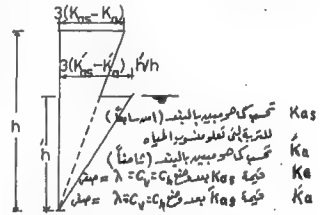
(٨) انهيار في جسم المبل نتيجة للحركة الأرضية .

(٩) انزلاق السد على طبقة ضعيفة في تربة الأساس .

والأنواع السبعة الأولى من الانهيارات المذكورة يمكن تجنبها

(٢) حالة الانغمار الجزئى للتربة خلف الحائط .

تتوقف الزيادة الديناميكية في حالة الانغمار الجزئى على ارتفاع المياه خلف الحائط . ويمكن حساب توزيع الضغط الناتج عن الزيادة الديناميكية في الضغط الفعال كحاصل ضرب قيمة الضغط الرأسى الفعال عند العمق المطلوب في المعامل المناظر إليه كما هو موضح بالشكل التالى ويمكن استخدام مائلة لحساب توزيع النقص الديناميكي في حالة الضغط المقوم .



(٣) التأثير الهيدروديناميكي لمياه موجودة أمام الحائط السائد :
في الحوائط المستخدمة كمستشآت مائية (مثل أرصفة الموانئ وما شابهها) يمكن أخذ التأثير الهيدروديناميكي للمياه أمام الحائط في الاعتبار .

(٤) الثبات الكلى للحائط :

عند مراجعة اتران الحائط بالنسبة للانزلاق والانقلاب وضغط الارتكاز على التربة أسفلها تحت تأثير الزلازل يجب أخذ الملاحظات الآتية في الاعتبار :

(١) يحسب تأثير وزن الحائط نتيجة للمركبات الرأسية أو الأفقية للزلازل على أساس أنها حاصل ضرب هذا الوزن في المعامل السيزمي الرأسى الأتى c_p ، c_v على الترتيب .
(٢) لا يقل معامل الأمان من الانزلاق عن ١,٢ .

والذى تعامل فيه كتلة التربة المحاطة بسطح الانزلاق كجسم جامد معرض لقدرة أفقية إضافية تؤثر في مركز كتلته . وتحسب قيمة هذه القوة الأفقية كحاصل ضرب كتلة الجسم المنزلق في المعامل الزلزالي . ثم يستكمل التحليل بشكل عادى باستخدام طرق الاتزان الحدى . وبين الجدول التالى قيم المعامل الزلزالي الذى يمكن استخدامه في تحليل الميول للحصول على معامل أمان يساوى ١,١٥ ، والتي تحبتر قيمة مقبولة في هذه الحالة .

جدول يبين قيم المعامل الزلزالي المستخدمة في تحليل الميول

مقدار الزلزال	قيمة المعامل الزلزالي
أقل من ٥,٥	٠,٠٥
٥,٥ لل ٦,٥	٠,١٠
٦,٥ لل ٨,٢٥	٠,١٥

وفي حالة الرغبة في الحصول على قيمة تقديرية للهبوط المتوقع بقيمة الجسر (٧٨) نتيجة اهزأة أرضية ذات قيم قصوى محددة للصلابة الأرضية والسرعة يمكن استخدام المعادلة الآتية :

$$u = \frac{v^2}{2gk_f} \cdot \frac{A}{K_f} \quad \text{معادلة رقم (٢٨)}$$

حيث :

g = عجلة الجاذبية الأرضية .

A = النسبة بين العجلة الأرضية الأفقية القصوى وعجلة

الجاذبية الأرضية (g) .

V = القيمة القصوى للسرعة الأرضية الأفقية .

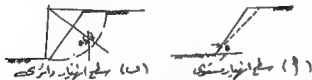
K_f = المعامل الزلزالي اللازم لإحداث انهيار ، وتحسب قيمته من للمعادلة التالية :

$$K_f = (FS_0 - 1) \sin \theta \quad \text{معادلة رقم (٢٩)}$$

حيث :

FS_0 = معامل الأمان الإستاتيكي .

θ = زاوية سطح الميل مع الأفقى في حالة سطح الانهيار المستوي أو الزاوية بين الرأسى والمحط الواصل بين مركز الدوران ومركز ثقل الكتلة المنزلقة وذلك في حالة سطح انهيار دائرى كما هو مبين بالشكل التالى :



شكل يبين طريقة تحديد الزاوية θ لحساب هبوط الميل نتيجة اهزأة الأرضية

احتياطات كافية لمنعها بإجراءات وقائية تعتمد أساساً على الخبرة وحسن التقدير والدراسة المتأنية وليس بالضرورة على إحدى الطرق التحليلية كما هو مطلوب في حالة دراسة انهيار جسم الميل أو انزلاق السد على طبقة ضعيفة في أساساته . والأمثلة الآتية توضح بعض هذه الإجراءات الوقائية :

(١) اختيار موقع السد في منطقة غير معروفة بالنشاط الزلزالي .

(٢) زيادة ارتفاع قمة السد فوق سطح المياه لاستيعاب الهبوط أو الانهيار أو حركة القوالب

(٣) استخدام قلب (كور) عرضى يتكون من تربة لدنة لها قابلية كبيرة للتشقق .

(٤) استخدام تربة ليس لها قابلية كبيرة للتشقق في المناطق الانتقالية بين تربة القلب (الكور) والقشرة الخارجية للسد .

(٥) وضع التفصيلات المناسبة لقمة السد لمنع غمرها في حالة اجتياح الماء لها .

(٦) إجراء فحص دقيق لثبات الميول الملاصقة للخزان .

(٧) إحكام الوصلات بين كور الجسر والأكتاف .

ويلاحظ أن أهمية الاحتياطات الوقائية السابقة تزداد في حالة جسور السدود الترابية (أكثر من جسور الطرق) أما طرق تحليل ثبات الميول أو الانزلاق فهي مهمة لجميع أنواع الجسور . وسيم توضح خطوات هذه الطرق في البند ٣ التالى .

٣ - طرق التحليل :

أ - يعتمد اختيار طريقة التحليل لسلوك السد أثناء الزلازل أساساً على نوع التربة المستخدمة في إنشاء السد وكذلك على تربة الأساس . وحيث إن مقاومة التربة للقص تعتمد بالدرجة الأولى على الإجهادات الفعالة داخل الكتلة الترابية والتي تعتمد بدورها على مقدار ضغط المياه البينية المتولدة أثناء الهزات الزلزالية فإنه يمكن تقسيم التربة إلى نوعين رئيسيين كما على :

١- تربة لا يزيد مقدار النقص في مقاومتها للقص نتيجة هزات الزلازل عن ١٥٪ (وهي عادة التربة المتاسكة ومثل الطين قليل الحساسية ، الطين الطمى الرمل أو التربة غير المتاسكة ذات الكثافة العالية جداً) .

٢- تربة يزيد مقدار النقص في مقاومتها للقص أثناء الهزات الأرضية عن ١٥٪ (وهي عادة التربة غير المتاسكة والمغمورة بالماء وكذلك التربة الطينية شديدة الحساسية) .

ب - طريقة التحليل لتربة من النوع (١) :

يمكن في هذه الحالة إجراء تحليل الثبات ضد انهيار الميل أو انزلاق السد على الأساسات باستخدام طريقة التحليل شبه الإستاتيكي . وتعتمد هذه الطريقة على مفهوم الاتزان الحدى

التفاصيل الإنشائية المنصوص عليها في هذا الباب تسرى على جميع المنشآت بصرف النظر عن طرق التصميم المتبعة .

يجب أن تكون التفاصيل الإنشائية واضحة وكاملة كما يجب أن تكون متمشية مع المبادئ والأفراضات الأساسية للحسابات وبطريقة تسمح بتبسيط أسلوب التنفيذ فيما يخص مختلف العزم وتشكيل فولاذ التسليح ووصلاته وصب الخرسانة على أن تمشي كل ذلك مع تتابع مراحل التنفيذ .

٢) ترتيبات عامة تتعلق بالتسليح :

١) استعمال أنواع مختلفة من الفولاذ : يفضل عدم استعمال أنواع مختلفة من الفولاذ في نفس العنصر الخرساني وذلك لتجنب الخلط بينها . ولكن يسمح أن يكون التسليح الرئيسي مختلفاً عن تسليح الكانات وقضبان التعليق من حيث نوعية الفولاذ المستخدم ، على أن يراعى في الحسابات أن يدخل كل نوع من الفولاذ بمواصفاته ومقاومته .

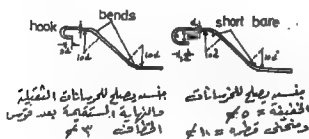
٢) الانحناء المسموح به في أسياخ التسليح : يجب ألا تقل أصفاف أقطار الانحناء (مقاسة من الرسم الداخلي للسبيخ) عن القيم المذكورة في الجدول التالي وذلك فيجب ألا يقل دليل التسيحي عن ضعف هذه القيم .

جدول يبين أقل نصف قطر للانحناء لأسياخ التسليح (أو لدليل التسيحي) حيث $F_y =$ إجهاد الخضوع للتسليح الطولي

أصغر نصف قطر للمنحني أو دليل التسيحي	صلب طري $F_y < 3000 \text{ kg / cm}^2$	صلب نصف قاسي $3000 \text{ kg / cm}^2 < F_y < 5000 \text{ kg / cm}^2$	صلب قاسي $F_y > 5000 \text{ kg / cm}^2$
	$\phi > 12$ $\phi < 12$	$\phi > 12$ $\phi < 12$	$\phi > 12$ $\phi < 12$
كانات تثبيتات طيات (ثنائيا) جنشات	٢ ϕ ٣ ϕ ٤,٥ ϕ ٤,٥ ϕ	٣ ϕ ٥,٥ ϕ ٥,٥ ϕ ٨ ϕ	٣ ϕ ٥,٥ ϕ ٥,٥ ϕ ٨ ϕ

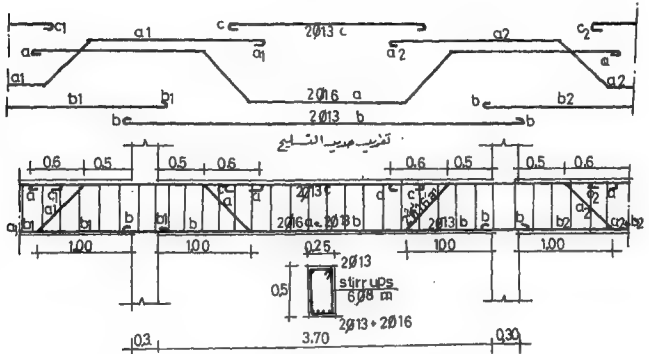
٣) نهائيات أسياخ التسليح : تنهى أسياخ التسليح بأحد الأشكال التالية :

— جنش (عكفة) في طرف السبيخ على هيئة نصف دائرة ذات نصف قطر طبقاً للجدول السابق مضافاً إليها جزء مستقيم بطول أربع مرات قطر السبيخ بحيث لا يقل عن ٧ سم .
— تنهى طرف السبيخ بزاوية قائمة بحيث يبلغ طول الجزء المستقيم الطولي ١٢ مرة قطر السبيخ على الأقل والرسم التالي يبين جنش للخرسانات الثقيلة والخفيفة بمواصفات أخرى .



— بالنسبة للكائنات يتم ثنى أطرافها بزاوية ٩٠ أو ١٣٥°
مضافاً إليها جزء مستقيم ممتد لا يقل عن ٦ مرات قطر السليخ
بحمد أدنى ٧ سم .

(٤) توقف الأسياخ : يراعى أن يكون توقف الأسياخ -
خصوصاً الجنبه (المكونة) منها - بحيث لا تؤدي إلى احتلال
شروع أنهار دقيقة ، كما يجب ألا يؤدي ترتيبها إلى احتلال تحرك
ذات القطر الأصغر .



تفاصيل لكمة مستمرة وصلة لسليخ حديد ٥٢
في حالة وجود جملته



وصلة لسليخ حديد ٥٢ في حالة
عدم وجود جملته

(٥) وصل الأسياخ : يتم وصل أسياخ الفولاذ بإحدى
الطرق التالية :

(أ) وصلات بالركوب : يتم تنفيذها بالنسبة للأسياخ التي
لا يزيد قطرها عن ٢٢ مم ويحدد طول ركوب الأسياخ طبقاً
للبنود (٦) ويجب ألا يزيد عدد الأسياخ الموصولة - في المكان
الواحد - عن نصف عدد الأسياخ بالمقطع إذا كان معرضاً
لانحناء مع / أو بغير ضغط ويجب أن يزيد عن ثلث عدد
الأسياخ بالمقطع في الأعضاء المعرضة للشد مع / أو بغير انحناء
والرسم التالي يبين وصل لسليخين حديد في حالة وجود جنبش
وعدم وجوده وذلك للاسترشاد .

(ب) وصلات بمجل (عقد) مقلوطة : وذلك باستخدام
جلب مقلوطة بالطول الكافي . وفي هذه الحالة تحرر مساحة
قلب السليخ (المقطع الأدنى) فقط هي الفعالة .

(ج) وصلات باللحام : يسمح بعمل وصلات باللحام
للفولاذ الذي حد مرونته الاصطناعية أقل من أو مساو لـ
 5000 kg/cm^2 كما يجب ألا يتسبب اللحام في تقليل الخواص
الميكانيكية للفولاذ . ولذلك فلا يسمح بلحام أسياخ الفولاذ
المعالج على البارد إلا إذا أخذ بالاعتبار انخفاض مقاومتها ،
واللحام يجب أن يكون حسب المواصفات الإقليمية المعمول

حيث ϕ و L_b بالسنتيمتر و f_y ، f_c بالكجم / سم^٢ .
(ب) الأسياخ المسلحة :

$$\min L_b = 0.25 \frac{f_y}{\sqrt{f_c}} \phi^2 \geq 0.015 \phi f_y$$

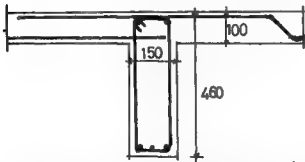
أو ٣٠ سم أيهما أكبر .
على ألا يزيد قطر السيخ المستعمل عن ٣٥ م م وأنه يشترط أن ينتهي طرف السيخ الحر بمجنش .

يعدل الطول الأساسي المذكور في الفقرتين أ ، ب بضربة
بواحد أو أكثر من المعاملات المذكورة في الجدول التالي والذي
تعتمد على نوعية سيخ التسليح ومكان استعماله .

جدول معاملات تعديل طول التثبيت الأساسي

المعامل	نوعية السيخ التسليح ومكان الاستعمال
١,٤٠	سيخ علوى (يقل سمك الخرسانة من فوقه عن ٣٠ سم)
١,٠٠	سيخ سفلى (يزيد سمك الخرسانة من فوقه عن ٣٠ سم)
١,٠٠	سيخ مائل أو شاقولي
١,٢٠	كل سيخ من رزمة مؤلفة من ثلاثة أسياخ
مساحة مقطع التسليح اللازم	أسياخ تزيد مساحة مقطعيها عن متطلبات العزم الحادى ١,١٠
مساحة مقطع التسليح الفعل	

يبين التسليح لكمرات والبلاطة تقع في منطقة الضغط وجزء من
البلاطة يعمل مع الكمرات .



كمرات مسلحة على شكل حرف T حيث لا جزء منه مدبولة
السقف يضاهى ، والضغط المستعمل و ١٢ مرة سمك
المدبولة إذا كانت بمدبولة كامل سمه في منطقة الضغط

(ب) يجب أن يستمر ربع التسليح السفلى - على الأقل -
في الكمرات المستمرة والثالث في الكمرات البسيطة ، إلى مسافة
١٥ سم داخل الركيزة مع الأخذ بعين الاعتبار طول التثبيت

بها . والأسياخ الملحومة يجب أن تظل محاورها على استقامة
واحدة عند موضع اللحام ويجب أن تخبر عينات من الأسياخ
الملحومة لإثبات صلاحيتها .

عدد الأسياخ المسموح بوصلها في مكان واحد من المقطع
تكون طبقاً لما جاء بالبند أ من (٥)

(٦) طول التثبيت الأساسي في حالة الشد :

(أ) الأسياخ عالية التماسك : L_b

$$\min L_b = 0.05 \frac{f_y}{\sqrt{f_c}} \phi^2 \geq 0.0075 \phi f_y$$

أو ٣٠ سم أيهما أكبر .
على ألا يزيد قطر السيخ المستعمل عن ٣٥ م م .

سيخ علوى (هو ما صب تحته أكثر من ٣٠ سم خرسانة
ولم تزد سماكتها فوقه عن ٣٠ سم) $1,40 =$

أى سيخ خلاف ذلك . $1,00 =$

(٧) طول التثبيت في حالة الضغط : L_b

(أ) الأسياخ عالية التماسك :

$$\min L_b = 0.08 \frac{f_y}{\sqrt{f_c}} \phi \geq 0.005 \phi f_y$$

(ب) الأسياخ المساءة :

$$\min L_b = \frac{2}{3} L_b$$

حيث إن L_b تؤخذ من بند ٦ فقرة (ب) ..

(٨) توقف أطراف الأسياخ :

(أ) أسياخ التسليح التى ليس لها حاجة لمقاومة العزم الحادى
في مقطع ما يجب أن تستمر مسافة إضافية - قبل انحنائها أو
قطعيها - تساوى إما d أو ١٢ ϕ أيهما أكبر . والشكل التالي

ل L_p إذا كان إجهاد الشد في السبخ الموصل أقل من $0.5 f_y$ وإلا تكون مساوية ل $1.5 L_p$ إذا ما زاد إجهاد الشد عن $0.5 f_y$ في مجال وصل السبخ المذكور . هذا وبشرط ألا يزيد عدد الأسياخ الموضوعة في مجال الوصل هذا عن نصف أسياخ التسليح كما أنه يستحسن ألا يتم وصل أى أسياخ في منطقة شد قصوى إذا أمكن ذلك .

٩) الفواصل بين أسياخ التسليح :

يراعى أن تكون المسافات بين أسياخ التسليح - بداخل المقطع - كافية للتسليح ، لتسمح بتنفيذ غير مهيأ لأعمال الخرسانة وتسمح بذلك الخرسانة وتجنب الانفصال الجيبي لها . والمسافات المفروكة بين الأسياخ يجب ألا تقل عن :

(أ) الأسياخ الرأسية :

- مستمتر واحد . — ٠,٧٥ أكبر قطر للأسياخ .
- ٠,٥٠ أو ٠,٦٠ المقاس الاعتيادي الأكبر للركام المدور أو المكسر على التوالي .
- (ب) الأسياخ الأفقية :

- ٢ سم . — أكبر قطر للأسياخ .
- ١,٣٠ أو ١,٥٠ المقاس الاعتيادي الأكبر للركام المدور أو المكسر على التوالي .

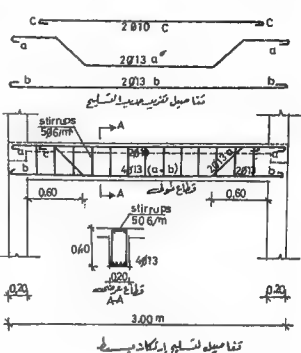
١٠) مجموعات الأسياخ المتلاصقة :

- في الصف الرأسى الواحد يسمح بوضع سبخين متلاصقين .
- في الرقذ الأفقى الواحد يسمح بوضع سبخين متلاصقين ، بشرط وجود مكان كاف حول الأسياخ ويفضل أحياناً لإدخال هزازي للمدك وضمان ملء الفراغات حول الأسياخ . ويفضل أحياناً لتسهيل صب الخرسانة في جميع ثلاثة أسياخ مع بعضها حيث يسمح بتخليط أفضل للأسياخ بالخرسانة .

١١) الفواصل بين أسياخ تقاطع الكمرات :

لتسهيل صب الخرسانة في المناطق التى بها تكتيف شديد في التسليح (في مناطق العزوم السالبة في بعض الكمرات على سبيل المثال) يمكن طلب استخدام خرسانة ذات ركام أصغر يتناسب مع المسافة بين الأسياخ ، والرسم التالى يبين طريقة توزيع الأسياخ في أربعة نماذج من الكمرات ، وطريقة التسليح للشد والضغط .

اللازم والشكل التالى بين تفاصيل لتسليح ارتكاز بسيط .

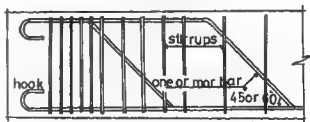


(ج) يجب أن يستمر ٣/١ التسليح السالب - على الأقل - إلى مسافة بعد نقطة عزم الصفر تعادل : ١٢ ϕ أو ١٦/١ من المسافة بين الركيزتين المتتاليتين - أيهما أكبر .

(د) يجب ألا يوقف جزء من أسياخ التسليح الطولى في مقطع ما في منطقة الشد - عند تبين الحاجة إليها بموجب الرسوم البنائية لعزم الانحناء - إلا إذا كان جهد القص في القطاع لا يتجاوز ٣/٢ جهد القص الأقصى الذى يمكن أن يقاومه هذا القطاع والرسم التالى يبين تسليح لكمره ضد جهد القص .

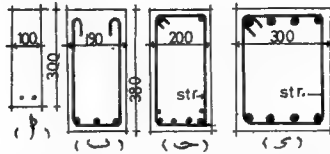


كمره شروق على ٥٠ سم
ومعدلات تقاطع جرسات



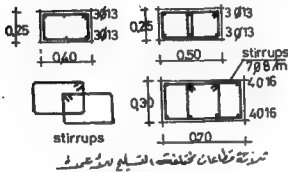
منزج لكمره ساقية ضد جرسات

(هـ) تحذر قضبان التسليح الطولى المنقطعة موصولة ببعضها بعضاً بواسطة تماسكها مع الخرسانة إذا تأمنت فيما بينها أطوال تثبيت كافية لهذا الغرض . وأطوال التثبيت هذه تكون مساوية



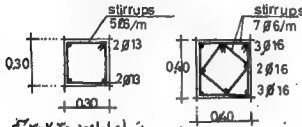
نموذج (ب) عرص ٢٠ سم وارتفاع ٣٠ سم وتبليغ ٣ مم ولبس بط ١٣ مم وتصلح للوعاء
نموذج (ج) عرص ٢٠ سم وارتفاع ٣٨ سم وتبليغ ٣ مم ولبس بط ١٣ مم وتصلح للوعاء
نموذج (د) عرص ٣٠ سم وارتفاع ٣٨ سم وتبليغ ٣ مم ولبس بط ١٣ مم وتصلح للوعاء
نموذج (هـ) عرص ٣٠ سم وارتفاع ٣٨ سم وتبليغ ٣ مم ولبس بط ١٣ مم وتصلح للوعاء

١ - الغطاء الخرساني للتسليح : الغطاء الخرساني لأسياخ



تمتددة ثلاثة أمتار مختلفة، تبليغ ٣ مم

SQUARE SECTIONS



تصليح لعمود ٣٠ × ٣٠ سم تصليح لعمود ٤٠ × ٤٠ سم

— الأعمدة الدائرية الحاملة لا يقل قطرها عن ٢٥ سم
وتسليحها عن ٦ φ ١٢ .

— يتم ترتيب التسليح الطولي بالأعمدة بحيث يزود كل ركن من العمود بتسليح وبحيث لا تتجاوز المسافة بين سيقون متجاورين عن ٣٠ سم أو عرض أصغر ضلع في مقطع العمود والرسومات التالية تبين بعض نماذج من الأعمدة الدائرية والتمتددة .

التسليح يجب أن يكون كافياً ليمرر الخرسانة وتوفر الحماية اللازمة للتسليح ضد عوامل التآكل ، والسلك الأدنى لسلك الغطاء الخرساني بالنسبة للمنشآت الداخلية التي تتعرض مباشرة لتأثيرات جوية هو ١,٠٠ سم للبلطات ، ١,٥٠ سم للكرمرات والأعمدة ، أما بالنسبة للمنشآت الخارجية للعرضة مباشرة لتأثيرات جوية فالغطاء الخرساني يجب ألا يقل عن ٢ سم للبلطات ، ٢,٥٠ سم للكرمرات والأعمدة ، وبصفة عامة يجب ألا يقل الغطاء الخرساني في جميع الحالات عن أكبر قطر سبيخ مستعمل .

— يجب ألا يقل سمك الغطاء الخرساني لأعمال الخرسانة غير الحية والمواجهة للردم عن ٤ سم .

— للمنشآت المعرضة لتأثير العوامل الكيميائية يحدد سمك الغطاء الخرساني المناسب لها حسب كل حالة .

— إذا زاد سمك الغطاء الخرساني عن ٤ سم يجب استخدام تسليح شبكي خفيف لحمايته من التشقق ولا يدخل في الحسابات الإستاتيكية .

— وفي جميع الحالات يفضل حماية أسطح الخرسانة المعرضة باستخدام أنواع البياض (الأسمنت) والكساوى والدهانات المناسبة لكل حالة .

— ترتيبات خاصة ببعض عناصر المنشآت :

(١) الأعمدة :

— أصغر ضلع لمقطع العمود يجب ألا يقل عن ٢٠ سم ومساحة لا تقل عن ٦٠٠ سم^٢ وأقل تسليح ٤ φ ١٢ وذلك بالنسبة للأعمدة الحاملة لجزء من المنشأ ، ويمكن الوصول إلى قيم أقل من ذلك بالنسبة للأعمدة الخرسانية غير الحاملة اللازمة لأغراض مساوية . والرسومات التالية تبين بعض نماذج الأعمدة

— تؤخذ أطوال وصلات الأسياخ في الأعمدة طبقاً للبند ٧ بحيث لا تقل عن ٤٠ سم ويمكن استخدام اللحام في الأعمدة المرصعة إلى ضغط بكامل قطاعها .
— أقصى خطوة للكانات الحلزونية هي ٨ سم أو ٥/١ قطر قلب المقطع أيما أقل . وأصغر خطوة هي ٣ سم ويجب الاحتفاظ بالخطوة ثابتة ووصلات الحازون تتم عن طريق تطابق ١,٥ الملفة على الأقل .

(٢) البلاطات والمنشآت المستوية :

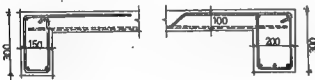
تختص هذه الترتيبات بالبلاطات والمنشآت المستوية المحملة عمودياً على مستواها المتوسط وذات سمك لا يزيد عن ٣٠ سم .

— لا يتعدى قطر أسياخ التسليح عن عشر $\frac{1}{10}$ سمك البلاطة أو المنشأة .

— لا تزيد المسافة بين أسياخ التسليح الرئيسي عن ضعف سمك البلاطة بحيث لا تتعدى ٢٠ سم وذلك بالنسبة لل فولاذ الطرى العادى ، أما بالنسبة للفولاذ على الشد فلا تزيد المسافة عن مرة ونصف سمك البلاطة بحيث لا تتعدى ١٧,٥٠ سم .
— نسبة مساحة مقطع الأسياخ في الاتجاه الثانوى إلى مساحتها في الاتجاه الرئيسى (في وحدة الطول من البلاطة) يجب

ألا تقل عن $\frac{1}{4}$.

— يجب مراعاة تزويد أطراف وزوايا البلاطات بالتسليح اللازم لها والرسم التالى يبين التسليح لبلاطة مع كمره خرسانية .

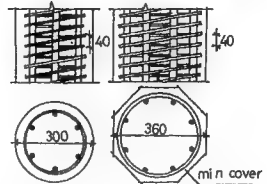


تسليح كمره عرض ٤٠ سم بارتفاع ٢٠٠ سم وبمساحة تقطع في نهاية ينفذ

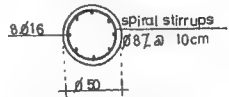
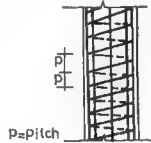
— يجب مراعاة تزويد البلاطات المسلحة - المرتكزة على أعمدة بغير رؤوس البلاطات - بالتسليح اللازم حول الأعمدة لمقاومة قص وقطب البلاطات وذلك إذا أثبتت حسابات الإجهادات ضرورتها .

١- إعداد الرسومات

(١) الرسومات والترخيص : قبل الحصول على ترخيص لإقامة أى منشأ يلزم أن تقدم رسومات كاملة واضحة لأعمال الخرسانة المسلحة تعد وفقاً لحسابات إستاتيكية بمعرفة مهندسين مؤهلين جامعياً يتولون أعمال التصميم والحسابات والمراجعة



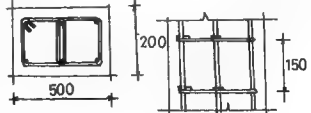
قطر اسياخ التسليح الرئيسي لا يتعدى ٢٠ سم
مساحة مقطع الاسياخ في الاتجاه الثانوى لا تقل عن ١/٤ مساحة مقطع الاسياخ في الاتجاه الرئيسى



تسليح كامل لقطاع عامود رئيسى
قطر ٥٠ سم و كانات حلزونية

— لا يقل قطر التسليح الرضى (الكانات) عن ٦ مم أو ثلث أكبر قطر للأسياخ الطولية - أيما أكبر .
— لا تزيد المسافة بين التسليح الرضى عن ١٥ سم بين الكانات .

— في الأعمدة المربعة والمستطيلة يراعى أن ترتب الكانات بحيث تشكل حزاماً مستمراً حول جميع الأسياخ الطولية وبحيث ألا تزيد بين سيخين مربوطين بالكانات في اتجاهين عموديين عن ٣٠ سم ولا يوضع في هذه المسافة أكثر من سيخ واحد والرسم التالى يبين تسليح عامود قطره ٥٠ × ٢٠ سم وطريقة ترتيب الكانات .



تسليح عامود و قطاعه ٥٠ × ٢٠ سم

- هـ) أرضية وحوائط وسقف البوروم (إن وجد) .
 و) الأسقف المختلفة (ز) السلام .
 حـ) تفاصيل الأجزاء التي تتطلب الأمر بيانها بمقياس أكبر .
 ط) تعمل جداول تفاصيل التسليح إذا لزم الأمر .
 هذا ويوصى بعمل رسومات خاصة للكمرات والبلاطات بحيث تبين الأسياخ المستقيمة والمكسحة وموضع تكسيحها كلما لزم الأمر .

٣) جدول عنوان الرسم ومشتملاته: يجب أن يجهز جدول العنوان بحيث يظهر على الوجه عند تطبيق الرسم ويشمل الجدول ما يلي :

- أ) اسم المشروع ورقمه . (ب) عنوان الرسم .
 جـ) رقم الرسم .
 د) مقياس الرسم ويحسن أن يكون كما يلي :
 ١) لرسم الموقع ١ : ١٠٠ أو ١ : ٢٠٠ أو ١ : ٥٠٠ .
 ٢) للمساقط الأفقية (أبعاد خرسانية وتسليح) ١ : ٥٠ .
 وفي الأحوال التي يكون فيها مسطح كبير يمكن عمل الرسومات بمقياس ١ : ١٠٠ أو أنه يفضل عملها بمقياس ١ : ٥٠ مع خطوط تطابق تمكن من تجميع الرسومات .
 ٣) للتفاصيل ١ : ٥٠ أو ١ : ٢٥ أو ١ : ٢٠ أو ١ : ١٠ .
 هـ) جدول البيانات ويذكر فيه أى مصطلحات خاصة استخدمت في تجهيز الرسم ومحتاها .
 و) تاريخ عمل الرسم .

ز) المراجع وتشمل أرقام الرسومات التي استعين بها في تجهيز الرسم الإنشائي سواء كانت من الرسومات المعمارية أو الميكانيكية أو الكهربائية أو المساحية ... إلخ .

حـ) التعديلات وتواريخها وملخصها ، ويجب على المهندس الاحتفاظ بنسخ من الرسومات قبل وبعد التعديل ليتمكن الرجوع إليها عند الحاجة .

ط) اسم المالك وعنوانه .

ى) اسم وعنوان المهندس الإنشائي المسؤول وتوقيعه .

ك) اسم وعنوان المهندس للمعماري إن وجد .

ل) اسم المقاول أو الجهة المسؤولة عن التنفيذ وتوقيعه .

٤) توثيقات خاصة برسومات القوالب (الشدات) :

يجب أن تحمل رسومات القوالب للمستويات المختلفة ، قطاعات وواجهات الأسطح الخام ، بدون طبقات الإنهاء ، كما يجب أن تتضمن كل الأبعاد اللازمة للإنشاء السليم والتنفيذ الكامل لكل العناصر . ويجب أن توضح رسومات القوالب الارتفاعات والسماكات الكلية للخرسانة الخام .

والإشراف على التنفيذ . كما يجب عليهم أن يرققوا بها مواصفات خاصة بنوع الخرسانة والأحمت وصلب التسليح .

٢) رسومات المشروع الإنشائي : يجب أن تغطي هذه الرسومات فكرة واضحة عن المشروع من حيث الوحدات المختلفة وشكل كل وحدة ونظامها الإنشائي والأبعاد الأساسية للخرسانة وتكون بمقياس رسم مناسب للإيضاحات المطلوبة دون تفاصيل صلب التسليح أو التفاصيل الدقيقة ويرفق بهذه الرسومات مقاييس (كميات) ابتدائية عند الطلب .

٣) الرسومات التنفيذية : تحتوي هذه الرسومات كافة الأبعاد والتفاصيل والمواصفات والبيانات الأخرى اللازمة لتنفيذ المنشأ في يسر دون الرجوع إلى المصمم . ويرفق بهذه الرسومات بيان بالكميات ومواصفات البنود المختلفة اللازمة للتنفيذ والتي تمكن المقاول من وضع أسعاره لها .

تخصيص الرسومات التنفيذية :

تبين الرسومات التنفيذية المطلوبة ما يلي :

١) الأبعاد الخرسانية للعناصر الإنشائية بدون البياض وبين عليها المحاور وسمك البلاطات وأبعاد الكمرات ومقاسات الأعمدة وكذلك يبين عليها المناسب المختلفة كما يبين عليها مقاومة الخرسانة للمستعملة . أما نوع الأحمت ونسبته في المتر المكعب من الخرسانة المنية ونوع ومقاس الركام المستعمل وكذا نسبة الخلط وطريقته وطريقة الدمك فينص عليها في دفتر شروط المشروع .

وفي حالة استعمال الخرسانة الخاصة تذكر مواصفاتها في دفتر الشروط كما يجب أن يحدد على الرسم في المنشآت الخاصة قيمة الغطاء الخرساني المطلوب .

وفي حالة وجود فواصل صب للمنشآت المعقدة أو فواصل انكماش يلزم بيانها على الرسومات وفي الحالات الخاصة كالتحازن والمصانع يجب بيان الأحمال الحية وذكر نوع الحوائط ونوع الأرضيات عند اللزوم ، كما يجب أن تذكر قيمة التحميل المطلوبة لبلاطات والكمرات والكوابيل .

ب) تفاصيل التسليح ، وتشمل كافة البيانات اللازمة للتنفيذ مثل العدد والقطر والشكل .. إلخ ونوع الصلب المستخدم على أن تبين المعكفات والوصلات وكذلك اللحام إن لزم .

٢) بيان الرسومات التنفيذية المطلوبة : تبين الرسومات المطلوبة للتنفيذ ما يلي :

- أ) المحور . (ب) الأساسات .
 جـ) الأعمدة . (د) المبد (كمرات الأساس).

٥) تربيّات خاصة برسومات التسليح :

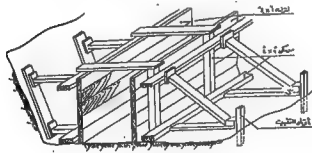
التي تضمن بقاها ثاجة تماماً طوال فترة صب الخرسانة المسلحة وأثناء تصلدها . كما يجب أن تكون أوجه القوالب محكمة بحيث تمنع تسرب المونة الأسمنتية إلى الخارج .

(ب) تنفذ القوالب بحيث تكون قوية ومتينة بدرجة تكفي لتحمل ضغط الخرسانة الطرية ووزنها والأحمال الحية أثناء الصب الخرساني دون التواء أو زحزحة ، ويجب أن يؤخذ في الاعتبار الطريقة المستخلصة لوضع الخرسانة ودمكها وتأثير الضغوط والاهتزازات الواقعة على القوالب .

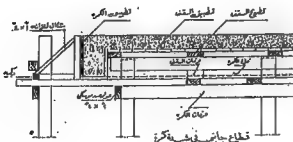
(جـ) يجب أن ترتكز القوالب على قواعد ثابتة تتناسب مع الحمل الواقع عليها ، كما يجب إذا لزم الأمر أن تستمر القوالب الضرورية تحت الأدوار السفلى للدور الجاري العمل به حتى ترتكز على أرضية تتحمل الأثقال الواقعة عليها بأمان .

(د) في حالة استعمال قوالب من طابع خاص يجب أن تنفذ حسب الرسومات والتصميمات التي تعد لهذا الغرض .

(هـ) يحدد تحديب قوالب بطينات الكمرات التي يجرها ثمانية أمتار أو أكثر بمقدار ٣٠٠/١ إلى ٥٠٠/١ من قيمة البحر . وفي حالة الكوابيل التي يزيد بروزها على مترين يتم رفع أطرافها بمقدار ١٥٠/١ من قيمة البروز وفي الحالات الخاصة الكبيرة أو تحت تأثير الأحمال الثقيلة بحسب التحديب اللازم والرسم التالي يبين عدة نماذج من الشدات المختلفة للأسقف والأعمدة وطريقة الميدة ووزن الأعمدة وشده في أعمدة وخلافا .



طريقة تحديد الأساس



يجب أن توضح رسومات التسليح جميع التفاصيل والقياسات اللازمة لتصنيع التسليح وتركيبه في مكانه ويجب أن تشير بدقة إلى أقل حد مرونة للفولاذ وأطوال الأسياخ والخواص الهندسية للمنحنيات والتثبيتات ووصلات بين الأسياخ، وبشكل خاص عند تقاطع الكمرات والأعمدة .

وعند استعمال أكثر من نوع واحد من الفولاذ مما يجب أن يفرق بوضوح في رسومات التسليح بين أنواع الفولاذ المختلفة وفي حالة استعمال رموز أو اختصارات لتجهيز هذه الأنواع يجب أن تشرح هذه الرموز والاختصارات بشكل واضح جداً .

٦) شروط تنفيذية تتعلق بالرسومات :

يجب أن توضح الرسومات الشروط التنفيذية التي يمكن أن يكون لها تأثير على مقاومة أو اتزان المنشأ أو على سلوكه أثناء فترة الإنشاء أو مرحلة الخدمة ، وبصفة خاصة يجب أن يوضح ما يلي :

- شروط تنفيذ واتزان القوالب ومقاومتها لضغط الخرسانة الطازجة (الطرية) .
- طريقة معالجة الأسطح الظاهرة وما قد تتطلبها من شروط خاصة بسطوح القوالب .
- وسائل تثبيت أسياخ التسليح بالنسبة للقوالب .
- سير التنفيذ بالأجزاء التالية وما يتطلبه مقاومة واتزان المنشأ في كافة مراحل التنفيذ .
- استئناف عمليات صب الخرسانة وفواصل الصب .
- شروط فك القالب . — فواصل الانكماش المؤقت .

الفصل الثالث

التنفيذ

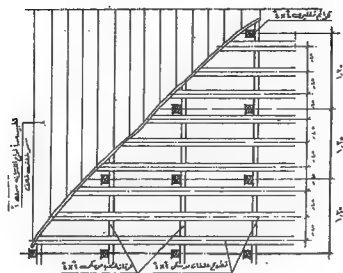
أولاً : تربيّات خاصة بالقوالب والشدات :

١) تصنيف القوالب :

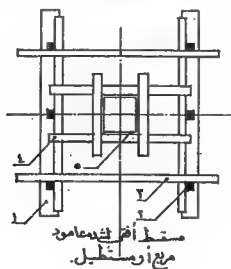
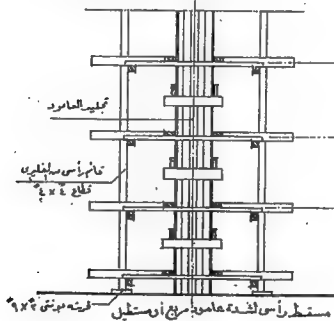
- (أ) قوالب عادية ويكون التفالوت المسموح به في أبعادها لا يزيد عن واحد مستمتر أو ١٠٪ من البعد الأصغر أيهما أصغر .
- (ب) قوالب جيدة ويكون التفالوت المسموح به في أبعادها لا يزيد عن ٢ مم أو ٥٪ من البعد أيهما أصغر .
- (جـ) قوالب ذات طابع خاص تنفذ حسب رسومات ومواصفات خاصة تعد لها ويمكن أن ينص على صقل أسطحها إن كانت من الخشب أو دهانها بالزيت أو غيره .

٢) تركيب القوالب :

- (أ) تركيب قوالب الخرسانة المسلحة بصفة عامة بالطريقة



شبه سقفين ارتباط العروق العلوية والعقات والنطج والتطيق



٣) تجهيز القوالب قبل الصب :

أ) يجب أن تنظف القوالب بعناية قبل صب الخرسانة مباشرة وذلك بإزالة الأتربة والفصلات وتجهيز فتحات لتسهيل ذلك عند اللازم ويمكن أن يكون التنظيف باستخدام الماء أو الهواء المضغوط .

ب) الترطيب: ترش الشدة الخشبية قبل الصب بالماء مرات متتالية لمنع امتصاص الأخشاب لماء الخلط ويجب ترك مسافة ضعيفة بين الألواح بحيث تسمح بتملدها بسبب الترطيب دون تقوسها ولا تسمح بمرور المونة الأسمنتية .

جـ) الدهان بالزيت : إذا طلب دهان القوالب بالزيت يجب استخدام الزيت غير الحمضي الخاص بذلك ويكون الدهان قبل وضع صلب التسليح على أن يزال الزيت الزائد والمتبقى في قاع القوالب .

د) إعادة استخدام القوالب : يجوز إعادة استخدام القوالب لصب خرسانة داخلها مرة أخرى بشرط غسلها من العيوب وتنظيفها من الخرسانة التالفة بها .

٤) فك القوالب :

أ) تؤثر درجة حرارة الهواء وطول البحر والحمل الذي سيعرض له المنشأ ونوع الأسمنت على تحديد المدة الواجب انقضاؤها بين صب الخرسانة وفك القوالب ويجب التأكد من أن مقاومة الخرسانة وقت الفك وصلت إلى ضعف الإجهادات التي سيعرض لها المنشأ عند الفك وفي حالة المنشآت الخاصة وكذلك في حالة استمرار الجو البارد .

ب) يمكن الاسترشاد بالقيم التالية عند فك القوالب للأعمال المعتادة في درجات الحرارة التالية :

أولاً : في حالة استعمال الأسمنت البورتلاندى العادى:

— يمكن عادة فك شدات الجوانب والتي تعمل كمجرد غلاف للخرسانة بعد يومين .

— لا يجوز فك الشدات الحاملة للكمرات والبلاطات قبل انقضاء مدة تساوى بالأيام ضعف البحر (المجاز) بالأمتار مضافاً إلى ذلك يومين ومحد أقصى قدره واحد وعشرون يوماً ، وفي البلاطات يعتبر البحر عند حساب زمن الفك الطول الأصغر للبلاطة .

— في حالة الكوابيل (الأظفار) تحتير المدة اللازمة انقضاؤها قبل فك القالب بالأيام مساوية لأربع مرات بروز الكابولي بالأمتار مضافاً إلى ذلك يومين .

ثانياً : في حالة استعمال الأسمنت البورتلاندى سريع التصلد :

— تكون المدة حسب خصائص الأسمنت المستعمل ولا تقل بأى حال عن نصف المدة المذكورة في حالة استعمال الأسمنت البورتلاندى العادى .

جـ) يجب الحذر وتأجيل فك القوالب مدة مناسبة في الحالات التي تنخفض فيها درجة الحرارة عن ١٠ مئوية خاصة عند استخدام الأسمنت البورتلاندى سريع التصلد .

د) يمكن إعادة فك قوالب الشدات للأعمدة ذات المقاسات المألوفة في المباني العادية بعد انقضاء يومين من صبها . وفي حالة الأعمدة التي ستعرض للأحمال بعد الفك مباشرة وفي أعمدة المنشآت الخاصة كالإطارات تحسب المدة الواجب انقضاؤها قبل فك الشدة كما بالنسبة للكمرات والكوابيل المعادلة طوياً كما يلزم إطالة هذه المدة في حالة الأعمدة الطويلة النحيفة نسبياً .

هـ) عندما تكون القوالب حاملة لأحمال إضافية — مثل

حالة الطابق الذى يحمل وزن الطابق التالى حديث الصب — لا يجوز فك القوائم الإضافية قبل انقضاء ثمانية وعشرين يوماً مع اتخاذ كافة الاحتياطات التي تضمن سلامة المنشأ كاستمرار القوائم حتى ترتكز على أرضية تتحمل الأثقال عليها بأمان .

و) في الحالات الخاصة مثل الكمرات المقلوبة والأسقف المعلقة بواسطة أعمدة شد تبدأ المدة المحسوبة لفك الشدات من تاريخ صب الروح المقلوب للكمرات أو صب السقف الحامل للسقف المعلق .

ز) يراعى عند فك القوالب المحرص التام على عدم تعرض الخرسانة المسلحة للهزات أو الصدمات كما يراعى التأكد من فصلها قبل فك الشدة .

حـ) إذا تبين أن ترخيم وحلة من الوحدات المتكررة أكبر من المسموح به أو يؤجل الاستمرار في فك شدات الوحدات لفترة مناسبة بهاد بعدها قياس الترخيم في وحلة ثانية .

بلوكات التثبيت :

يصرح بوضع بلوكات داخل الخرسانة بغرض تثبيت بعض التركيبات بشرط ألا تضعف أى جزء من المنشأ أو تقلل من سمك الغطاء أو صلب التسليح الفعال للتصلب عن القيم المحددة في هذه الاشتراطات .

٦) التكسير في الخرسانة بعد صبها : لا يجوز إطلاقاً تكسير أو عمل فجوات في الأعمدة أو الكمرات بعد صبها لأى سبب من الأسباب إلا بعد الرجوع للتصميم ويفضل أن تراعى مواضع الفجوات والفتحات المطلوبة عند إعداد الرسومات التفصيلية وقبل التنفيذ .

التسليح :

يجوز استعمال هذا الأسمنت بعد استبعاد الكتل والشوائب بشرط أن يجاز الاختبارات المتصوص عليها في المواصفات القياسية لهذا الأسمنت .

ب (الركام : يجب أن يحفظ الركام الصغير والكبير كل على حدة وبكيفية تجنب التلوث ، وفي الأعمال التي تحتاج إلى خرسانة خاصة يجب عمل أرضية صلبة لحفظ الركام حسب مقاساته المختلفة طبقاً لدرجته الحبيبي المطلوب .

٢) قياس المواد :

أ (الأسمنت : لا يسمح بمعايرة الأسمنت بالحجم وبفضل أن تكون عبوة الخرسانة بحيث تحتوي عدداً صحيحاً من شكاير الأسمنت - وفي حالة استعمال الأسمنت السائب يجب استخدام طريقة دقيقة للمعايرة بالوزن .

ب (الركام : يقاس الركام عادة بالحجم في صناديق قياس ذات سعة معينة . ويجب ملء الصناديق بدون دمك وأن تكون أعلى سطح الركام (داخل الصندوق) مستوياً مع الأحرف - كما يراعى عمل حساب زيادة الحجم في الركام الصغير نتيجة لوجود الرطوبة به . ويعطى القياس بالوزن أدق النتائج كما يقضى على الالتباس للتسبب من زيادة الحجم في الركام الصغير .

ج (الماء : يجب أن يضاف الماء للمخلوط بكميات تقاس قياساً دقيقاً حسب القيم المحددة ، وفي حالة الخرسانة الخاصة يجب أن يؤخذ في الاعتبار كمية الماء المحتمل وجودها في الركام .

٣) صنع الخرسانة :

يجب ألا تزيد المدة ما بين إضافة ماء الخلط ووضع الخرسانة في القالب على ٣٠ دقيقة في الجو العادي أو ٢٠ دقيقة في الجو الحار على أن يتم دمكها قبل مضي ٤٠ دقيقة في الجو العادي أو ٣٠ دقيقة في الجو الحار .

أ (تخطيط الخرسانة ميكانيكياً بالنسب المطلوبة في خلطات ذات سعة تتناسب مع معدل النقل والصب ، ويراعى ألا تقل مدة خلط الخرسانة عن دقيقتين بعد استكمال وضع كافة موادها في الأسطوانة (الحلة) بحيث يصبح الخليط متجانساً في لونه وقوامه .

ب (يمكن خلط الخرسانة يدوياً على أن يتم الخلط بتقليل المواد تقليلاً جيداً بالنسب المطلوبة على طبيلة مستوية صماء بواسطة الجاروف ذي الشدائد ، ويلزم خلط الأسمنت والركام الصغير على الناشف إلى أن يصبح اللون متجانساً ثم يضاف الخليط إلى الركام الكبير ويقلب ثلاث دفعات ثم يضاف الماء

١) التطييف : يجب أن تنظف الأسياخ من القشور الناتجة عن التصنيع والصدأ غير المتناسك والزيت والشحوم أو أي مواد ضارة وذلك قبل صب الخرسانة مباشرة .

٢) التقي : يجب عدم شئ أو عدل الأسياخ بطريقة تضر بخواصها أو بمقاومتها ويصرح بالتقي على الساخن للدرجة لا تتعدى بدء الإحمرار وتترك لتبرد تدريجياً في الهواء ولا يسمح بالتبريد الفجائي للأسياخ بالماء .

أما الأسياخ التي تعتمد مقاومتها على المعالجة على البارد فلا يسمح بتثبيتها على الساخن .

٣) الرص والتثبيت : يجب تثبيت الأسياخ في مواضعها المحددة طبقاً للرسومات ويجب تضمن استيفاء الغطاء المحدد للتسليح كما يجب حفظها في هذه المواضع بالرباط بالسلك أو اللحام أو استخدام الركايات وقطع حفظ الأبعاد وعند استخدام هذه القطع من المونة الأسمنتية تكون مكوناتها بنسبة ١ أسمنت إلى ٢ رمل وتوضع بالسلك المطلوب كما يجب بذل عناية خاصة في رص وتثبيت مستوى التسليح العلوى الرئيسى للبلاطات المستمرة والكوابل وتجنب منعاً باتاً تكسيح البلاطات أثناء الصب .

٤) وصل الأسياخ باللحام : يسمح بوصل الأسياخ باللحام حسب المواصفات القياسية الخاصة على أن يظل محور الأسياخ الملاحمة على استقامة واحدة عند موضع اللحام . وعلى أن تختبر عينات من الأسياخ الملاحمة لإثبات صلاحيتها قبل السماح باللحام ولا يجوز استعمال للأسياخ التي تعتمد في مقاومتها على المعالجة على البارد إلا إذا أخذ انخفاض مقاومتها بالاعتبار .

٥) التيارات الكهربائية : لا يسمح باستعمال أسياخ صلب التسليح الداخلة في أعمال الخرسانة المسلحة لتوصيل أي تيار كهربائي كما يجب عزل الأسلاك الكهربائية عن أسياخ التسليح عزلاً تاماً .

توبيات خاصة بالخرسانة :

١) حفظ المواد :

أ (الأسمنت : يجب أن يحفظ الأسمنت بطريقة تحمي حماية فعالة من المطر ورطوبة الهواء والأرض ، ويجب ألا يستخلف من أعمال الخرسانة المسلحة أي أسمنت بلدت تتكون فيه حبيبات متصلة أو كتل أو ظهرت شوائب أو مواد غريبة مضي على حفظها أكثر من ستة أشهر بالنسبة للأسمنت البورتلاندى العادى أو أقل من ذلك بالنسبة للأسمنت الخاص كل حسب نوعه ، إلا أنه

الحرساة تبدأ في الشك قبل وضعها في القالب بحيث يصعب دمجها فإنه لا يجوز إضافة ماء إلى الحرساة بل يلزم استخدام الماء المثلج في الخليط وحماية الركام من أشعة الشمس وفي حالة انخفاض درجة الحرارة إلى ما تحت الصفر يلزم تسخين ماء الخلط أو الركام أو كلاهما .

هـ) أعمال صب الحرساة في المناخ الحار والبارد :

نظراً لاختلاف المناخ في جمهورية مصر العربية ولذلك يجب أخذ الاحتياطات اللازمة عند صب الحرساة في المناخ الحار والمناخ البارد وستلقى الضوء على المناخين .

أولاً : صب الحرساة في المناخ الحار :

أ - منع سرعة تبخر ماء الخلطة : أهم الاحتياطات التي تتخذ للأعمال الحرسائية التي تنفذ في موسم الصيف هو منع سرعة تبخر الماء من الحرساة لذا يجب حمايتها أثناء وبعد صب ونحو الأعمال لإتمام التفاعل الكيميائي بين الماء والأسمنت (التثبيت) وإذا تبخرت كمية كبيرة من الماء يؤدي ذلك إلى عدم إتمام هذه العملية والبنجاف السريع للحرساة يمكن أن يحدث عدة عيوب منها تقليل مقاومة الحرساة والشرخ الناتجة من الانكماش يضاف إلى ذلك وبسبب فقدان الرطوبة السريع من سطح الحرساة حدوث شروخ تلاحظ خلال اليوم الأول للصب أو في غضون بضع ساعات منه كما أن الحرساة تتصلد قبل دمجها نتيجة سرعة شك الأسمنت وزيادة امتصاص أو تبخر ماء الخلط وهذا يسبب صعوبة نهي الأسطح الحرسائية الكبيرة .

ب . درجة حرارة الجو والرطوبة النسبية والرياح : عوامل كثيرة تؤثر على معدل تبخر الماء من الحرساة مثل درجة حرارة الحرساة والجو والرطوبة النسبية وسرعة الرياح حتى التغيرات النسبية الصغيرة في هذه العوامل يمكن أن تؤثر بقدر ملحوظ على معدل التبخر وبمخصوصاً إذا كانت هذه التغيرات لحظية .

وعلى سبيل المثال عندما تتغير الرطوبة النسبية من ٩٠ - ٥٠% يزداد معدل التبخر « ٥٠ » مرات التبخر العادي وإذا انخفضت الرطوبة بسرعة إلى ١٠% يزداد معدل التبخر « ٩ » مرات تقريباً وعندما تزداد درجة حرارة الجو والحرساة من ٥٠ - ٧٠ درجة فهرنهايت يتضاعف معدل التبخر ويزيادة درجة الحرارة إلى « ٩٠ » درجة فهرنهايت يزداد معدل درجة التبخر « ٤ » مرات .

وعندما تكون درجة حرارة الجو « ٤٠ » درجة فهرنهايت وبارتفاع درجة حرارة الحرساة من ٦٠ : ٨١ درجة فهرنهايت يزداد معدل التبخر « ٣ » مرات للمعدل العادي .

وسرعة الرياح من العوامل الهامة أيضاً حيث يصبح معدل تبخر الماء « ٤ » مرات للمعدل العادي وذلك عندما تزداد سرعة الرياح ١٩٤ ميل في الساعة والإيجاز .

تدريجياً بالقدر المطلوب للخلط ، ويستمر التقليب والخلط حتى تتجانس الخلطة لونا وقواماً .

٥) نقل الحرساة لموضع الصب :

في حالة الخلط الميكانيكي يجوز تفريغ العبوة من الأسطوانة للنقل رأساً أو عن طريق الوش الرافع أو الزراب أو مضخة الحرساة - كما يجوز تفريغها على طبلية توطئة لنقلها يدوياً - ويراعى عدم تفريغ عبوة جديدة على الطبلية قبل تمام نقل العبوة السابقة . وأما كانت طريقة الخلط يراعى عدم إبقاء العبوة مدة طويلة على الطبلية بعد استكمال خلطها لا سيما في درجات الحرارة المرتفعة ، فإذا تجاوزت ذلك مدة عشر دقائق في حدود المدة المخصوص عليها سابقاً جاز استعمالها بعد إعادة تقليبها يدوياً بدون إضافة ماء وأما كانت وسيلة نقل الحرساة يراعى اختصار مدة النقل لتفادي انفصال مواد الحرساة .

٦) صب الحرساة :

أ) يراعى تسجيل بيانات عن ساعة وتاريخ الصب لكل جزء من المبنى .

ب) في حالة صب خرسانات بتخانة كبيرة يراعى أن تصب على طبقات في حدود ٣٠ سم لكل منها حتى يمكن دمج الحرساة أولاً بأول ، ويمكن زيادة هذا الحد في حالة استخدام هزاز ويراعى ألا يمضي وقت طويل بين تعاقب الطبقات بحيث لا تكون الطبقة السفلى قد بدأت في التصلد عند بدء صب الطبقة التالية أما في حالة الأعمدة فلا يجوز صبها بكامل ارتفاعها ويجب تقسيم أحد جوانب القالب إلى أجزاء لا يتجاوز ارتفاعها ٢ متر يتم تقطيعها أولاً بأول حتى يمكن الصب تباعاً ، قبل البدء في صب خرسانة فوق أخرى تتصلد يرش سطحها بالماء لمدة ساعة ثم يوضع حوالي ٢ سم من مونة غنية مكونة من ٨٠٠ كجم أسمنت لكل متر مكعب من الرمل وذلك لمنع حدوث فاصل وتجنب تراكم الزلط عند وصلة الصب ، ولضمان انسياب الحرساة حول التسليح ، وفي حالة الكمرات المتصلة ببلاطات أعلاها يراعى أن تكون هناك فترة نحو نصف ساعة بين صب جسم الكمرات وصب البلاطة المتصلة بها وذلك لتجنب حدوث شروخ فيما بينهما أما إذا كانت الكمرات مقلوبة فيراعى أن يبدأ في صب الكمرات في اليوم التالي لصب البلاطة المتصلة بها وذلك بعد وضع المونة الغنية السابق الإشارة إليها .

ج) عند صب الحرساة تحت الماء يجب إجراء ذلك بوسائل خاصة تمكن من وضع الحرساة دون فصل الأسمنت من الخليط .

د) في حالة ارتفاع درجة الحرارة إلى الحد الذي يجعل

فهرنيت (حالة رقم ١٨) بالجدول والأسمت يفقد الحرارة يبطء شديد عند التخزين وتنتج هذه الحرارة من سحق مادة كلنكر الأسمنت عند تصنيعه ونظراً لتأثير درجة حرارة الخرسانة الطازجة توصي بعض المواصفات على حدود لدرجة حرارة الأسمنت عند استخدامها وتوضع بعض نتائج التجارب العملية أنه من المرغوب جداً توصيف أعلى درجة حرارة مسموح بها للخرسانة التي تم غلطها حديثاً .

(ز) يجب حماية الخرسانة بوضع مصدات الرياح في اتجاهها عندما تكون الرياح السائدة في الموقع شديدة التأثير .

(ط) البدء في أعمال المعالجة بمجرد الانتهاء من تصدع سطح الخرسانة بدرجة تكفي لمقاومة الحداث بتفطية الخرسانة بشرائح البلاستيك أو البوليثين أو الورق الغير منفذ للماء أو المواد للحفاظ للماء مثل قش الأرز أو رش مركبات المعالجة الكيميائية على الخرسانة وتستخدم هذه الأنواع بعد التبو النهائي للخرسانة مباشرة .

(ي) المحافظة على بقاء سطح الخرسانة مبلل باستمرار لتجنب وجود مناطق مبتلة وأخرى جافة أثناء فترة المعالجة .

(ف) الاستمرار في معالجة الخرسانة لمدة لا تقل عن ٣٥ ± أيام ويفضل أسبوع والماء لا يمتزج وسيلة لمعالجة الأسطح فقط بل يستخدم أيضاً لتبريدها .

الرياح من صفر - ١٠ ميل / ساعة وعندما تزداد سرعة الرياح إلى ٢٥ ميل / ساعة يزداد معدل التبخر ٩٥ مرات .

وعموماً يزداد معدل التبخر في الظروف الآتية :

(أ) عندما تقل الرطوبة النسبية .

(ب) عندما تزداد درجة حرارة الجو والخرسانة .

(جـ) عندما تكون درجة حرارة الخرسانة أكبر من درجة حرارة الجو .

(د) عندما تزداد سرعة هبوب الرياح فوق سطح الخرسانة .

واتحاد الحرارة والجو الجاف والرياح السريعة (بهذه الظروف شائعة في شهور الصيف) يؤدي هذا إلى فقدان الرطوبة من سطح الخرسانة بمعدل أكبر .

(هـ) درجة حرارة الأسمنت : تتأثر درجة حرارة الخلطة الخرسانية إلى حد ما بدرجة حرارة الأسمنت وبعزى هذا لانخفاض درجة حرارة الأسمنت النوعية وكمية الأسمنت الصغيرة نسبياً بالنسبة لحجم الخلطة .

والجدول التالي يوضح تأثير الاختلاف في درجة حرارة الخرسانة والجو والرطوبة النسبية ومرة الرياح على قابلية جفاف الخرسانة في موقع العمل ومنه يلاحظ أن أنسب درجة حرارة لإنتاج خرسانة عالية المقاومة هي ٧٠ ± درجة

ملاحظات	حالة رقم	درجة حرارة الخرسانة فهرنيت	درجة حرارة الهواء فهرنيت	الرطوبة النسبية %	درجة قطرة البال فهرنيت	سرعة الرياح	قابلية الخرسانة للجفاف باوند/ قدم ٢ ساعة
(١) زيادة سرعة الرياح	١	٧٠	٧٠	٧٠	٥٩	صفر	-٠,١٥
	٢	٧٠	٧٠	٧٠	٥٩	٥	-٠,٣٨
	٣	٧٠	٧٠	٧٠	٥٩	١٠	-٠,٦٢
	٤	٧٠	٧٠	٧٠	٥٩	١٥	-٠,٨٥
	٥	٧٠	٧٠	٧٠	٥٩	٢٠	-٠,١١٠
	٦	٧٠	٧٠	٧٠	٥٩	٢٥	-٠,١٣٥
(٢) انخفاض الرطوبة النسبية .	٧	٧٠	٧٠	٩٠	٦٧	١٠	-٠,٢٠
	٨	٧٠	٧٠	٧٠	٥٩	١٠	-٠,٦٢
	٩	٧٠	٧٠	٥٠	٥٠	١٠	-٠,١٠٠
	١٠	٧٠	٧٠	٣٠	٣٧	١٠	-٠,١٣٥
	١١	٧٠	٧٠	١٠	١٣	١٠	-٠,١٧٥
(٣) زيادة درجة حرارة الخرسانة والهواء .	١٢	٥٠	٥٠	٧٠	٤١	١٠	-٠,٢٦
	١٣	٦٠	٦٠	٧٠	٥٠	١٠	-٠,٤٣
	١٤	٧٠	٧٠	٧٠	٥٩	١٠	-٠,٦٢
	١٥	٨٠	٨٠	٧٠	٧٠	١٠	-٠,٧٧
	١٦	٩٠	٩٠	٧٠	٧٩	١٠	-٠,١١٠
	١٧	١٠٠	١٠٠	٧٠	٨٨	١٠	-٠,١٨٠

قابلية الخرسانة للجفاف	سرعة الرياح	درجة نقطة التبلل	الرطوبة النسبية %	درجة حرارة الهواء	درجة حرارة الخرسانة	حالة	ملاحظات
بأوندة / قدم ٢ ساعة	فهرنهايت	فهرنهايت	فهرنهايت	فهرنهايت	رقم	للدرجة الحرارة والرطوبة	
صفر	١٠	٧٠	٧٠	٨٠	٧٠	١٨	(٤) درجة حرارة
-٠,٩٢	١٠	٥٩	٧٠	٧٠	٧٠	١٩	الخرسانة ٧٠ درجة
-٠,١٢٥	١٠	٤١	٧٠	٥٠	٧٠	٢٠	فهرنهايت وانخفاض درجة
-٠,١٦٥	١٠	٢١	٧٠	٣٠	٧٠	٢١	حرارة الجو .
-٠,٢٠٥	١٠	٤٠	١٠٠	٤٠	٨٠	٢٢	(٥) ارتفاع درجة حرارة
-٠,١٣٠	١٠	٤٠	١٠٠	٤٠	٧٠	٢٣	الخرسانة ودرجة حرارة الجو
-٠,٠٧٥	١٠	٤٠	١٠٠	٤٠	٦٠	٢٤	٤٠ درجة فهرنهايت والرطوبة النسبية .
-٠,٠٣٥	صفر	٢٣	٥٠	٤٠	٧٠	٢٥	(٦) ارتفاع درجة حرارة
-٠,١٦٢	١٠	٢٣	٥٠	٤٠	٧٠	٢٦	الخرسانة ودرجة حرارة
-٠,٣٥٧	١٠	٢٣	٥٠	٤٠	٧٠	٢٧	الجو ٤٠ درجة فهرنهايت وسرعة الرياح متغيرة .
-٠,١٧٥	١٠	٥٠	٥٠	٧٠	٧٠	٢٨	(٧) انخفاض درجة حرارة
-٠,١٠٠	١٠	٥٠	٥٠	٧٠	٧٠	٢٩	الخرسانة ودرجة حرارة
-٠,٠٤٥	١٠	٥٠	٥٠	٧٠	٦٠	٣٠	الجو ٧٠ درجة فهرنهايت.
-٠,١٧٠	صفر	٢٦	١٠	٩٠	٩٠	٣١	(٨) ارتفاع درجة حرارة
-٠,٣٣٦	١٠	٢٦	١٠	٩٠	٩٠	٣٢	الخرسانة والجو ونسبة
-٠,٧٤٠	٢٥	٢٦	١٠	٩٠	٩٠	٣٣	الرطوبة النوعية وسرعة الرياح متغيرة .

(د) بعض النقاط التي يجب ذكرها لصب ونمو الخرسانة في المناخ الحار :

تؤخذ بعض الاحتياطات البسيطة لضبط جودة الخرسانة في الموقع يمكن بواسطتها توفير قدر كبير من تكلفتها والإجراءات الآتية تؤدي إلى زيادة مقاومة الخرسانة بعد فترة قصيرة من صبها وتكسيها قوة احتال كبيرة إلى جانب أنها تقلل كثيراً من العيوب السطحية للخرسانة .

— درجة حرارة المواد الأساسية : عند إجراء أعمال الخلط بالموقع تستخدم المواد الباردة وللحفاظ على بقائها باردة يجب تشويها في الظل كلما أمكن ورش الركام الكبير بالماء وحماية مصادر الماء من أشعة الشمس المباشرة وفي الأجواء شديدة الحرارة يتم ذلك بالتهوية أو استخدام الثلج كجزء من ماء الخلط ويجب أن يكون زمن ذوبان الثلج هو زمن تدلول الخرسانة بعد خلطها ومعظم أصحاب محطات خلط الخرسانة الجاهزة بالمناطق الحارة يتبعون هذه الإجراءات حتى تصل الخلطة إلى موقع العمل في حالة باردة .

— منع امتصاص ماء الخلطة : يتم ذلك بتطبيب طبقة الأساس في أعمال الرصف وكذلك حديد التسليح والشدات الخشبية قبل صب الخرسانة مباشرة لكي تمنع هذه الإجراءات امتصاص الماء من الخلطة .

— رش الركام الكبير : يجب رش الركام الكبير قبل إضافته إلى الخلطة لتقليل احتمالات امتصاص الماء من الخلطة :

— بعد صب الخرسانة يجب دمكها وتسويتها في الحال .

— وضع أغطية مؤقتة تحفظ باستمرار مبللة فوق أسطح الخرسانة حديثة الصب وبسرعة بعد دمك وتسوية الخرسانة .

— عندما تكون الخرسانة جاهزة لنهوها تبقى قطاعات صغيرة عند نهايتها غير مغطاة كدليل لعمال صب الخرسانة ثم تغطي الخرسانة بطريقة سليمة بعد النهو النهائي وتبقى هذه الأغطية مبللة باستمرار .

— أي تأخير في نهو الخرسانة ذات الهواء المحبوس في الجو الحار سوف يؤدي إلى تكوين سطح يصعب نهوه .

— يجب حماية سطح الخرسانة من التبخر عند صبها في المناخ

٧) بعض النقاط التي يجب مراعاتها لصب ونمو الخرسانة في المناخ البارد :

أ) يجب إعداد الموقع بوسائل للمعالجة الحرارية المناسبة والمواد المعازلة لحماية الخرسانة والمحافظة على درجة حرارتها عند ٧٠ درجة فهرنهايت أو أكثر لمدة يومين أو ٥٠ درجة فهرنهايت لمدة ٣ أيام .

ب) تسخين الماء :

يجب أن تتراوح درجة الحرارة للخرسانة عند صبها في القرم بين ٥٠ - ٧٠ درجة فهرنهايت وذلك للأسطح الكبيرة عندما تكون درجة حرارة الجو بين ٣٠ - ٤٠ درجة فهرنهايت حيث يتم تسخين ماء الخلط لمنع الشك المفاجيء للخرسانة وفي بعض المناطق الباردة يتم تسخين الركام (الصغير وأحياناً الكبير) .

ج) استخدام المعجلات :

يجب أن يتم استخدام المعجلات بعناية ويستخدم لذلك حوالي ١ رطل من كلوريد الكالسيوم لكل شيكارة أسمنت ولا تزيد عن شيكارة لتجنب حدوث الشك المفاجيء للخرسانة .

د) معالجة الخرسانة :

تفقد الخرسانة التي تم صبها في القرم أو تم تغطيتها بمادة عازلة كمية ملحوظة من الرطوبة في درجة حرارة ٤٠ إلى ٥٠ درجة فهرنهايت وهذا يؤثر في معالجة الخرسانة التي تعبر ضرورية في المناخ البارد وتم المعالجة باستخدام الماء لمنع جفاف الخرسانة . والبخار وسيلة ممتازة للمعالجة لأنها تمد الخرسانة بالحرارة والرطوبة معاً وهي طريقة عملية في المناخ البارد والمعالجة بالأغطية المليلة على سطح الخرسانة يمكن استخدامها بعد المعالجة بالماء أو البخار وبعد إزالتها يمكن استخدام مركبات المعالجة .

ويمكن الحفاظ على درجة حرارة الخرسانة باستخدام الوسائل الصناعية المعازلة (الصفوف أو البتومين) وقدره هذه الوسائل على العزل يمكن تحديدها بواسطة ترمومتر ملاصق لسطح الخرسانة أسفل هذه الوسائل الخاصة بالعزل وإذا انخفضت درجة الحرارة عن المسموح بها يجب استخدام وسائل عازلة إضافية .

هـ) إزالة الشدات : يجب إعطاء الوقت الكافي للخرسانة للوصول إلى المقاومة المطلوبة قبل إزالة الشدات الخاصة بها ، وإذا تم فك هذه الشدات بسرعة فإن زوايا وحروف الخرسانة تتشقق ويجب لذلك بقاؤها في مكانها حتى تحصل الخرسانة على المقاومة الكافية وبحيث تكون قادرة على حمل وزنها بالإضافة إلى أي أحمال أخرى يمكن أن توضع عليها أثناء عملية الإنشاء . واتباع الإجراءات المذكورة يمكن الحصول على خرسانة ذات مقاومة عالية دون حدوث أي صعوبة في نهوها أو ظهور عيوب نتيجة لصب الخرسانة في هذا المناخ البارد .

الحار وفي وجود الرياح الجافة يجب منع فقدان السريع للماء الذي يمكن أن يسبب شروخ نتيجة لانكماش الخرسانة .

— يجب حماية الخرسانة من ضوء الشمس المباشر في الأيام الحارة وذلك بتركيب مظلات أو تأخير موعد أعمال الصب حتى وقت متأخر من النهار أو استغلال ما أمكن من ظلال المباني المجاورة أو الأشجار .

٥) ملاحظة الأحوال الجوية : الأحوال الجوية أثناء العمل يجب تسجيلها أولاً بأول لأنها جزء من تسجيل العمل الدائم والرطوبة ودرجة الحرارة والرياح والسحاب وتلاحظ في الموقع .

٦) صبات الاختبار في المناخ الحار : يجب أخذ العينات (ملء مكعبات الاختبار ومعالجتها) في المناخ الحار طبقاً للمواصفات الأمريكية (A.S.T.M- C31) ويجب المحافظة على مكعبات الاختبار تحت الظل وبعد مرور يوم على أخذ المكعبات يجب نقلها إلى للعمل (أو أي موقع مناسب) حيث تعرض إلى المعالجة بالرطوبة طبقاً للطرق القياسية حتى يتم اختبارها .

٧) استخدام الإضافات : تستخدم الإضافات أحياناً في المناخ الحار لتأخير زمن شك الخرسانة وتقليل الحاجة إلى إضافة الماء إلى الخلطة .

والعوامل المقللة للماء يمكن أن تكون مفيدة إذا لم تؤثر في مقاومة الخرسانة والخواص الأخرى لها واستخدامها يجب التحكم فيه بعناية وهذه العوامل يجب استخدامها للمساعدة في العمل وليست كبديل لبعض العناصر ويجب اختيار الإضافات بموقع العمل مع باقي المواد المستخدمة تحت ظروف العمل وتغيري لتحسين الخرسانة ونجاعتها مع باقي العناصر الإنشائية الأخرى وقدرتها تحت هذه الظروف على إنتاج الخواص المطلوبة منها .

ثانياً : أعمال صب الخرسانة في المناخ البارد :

١) تأثير درجة حرارة الخرسانة :

درجة الحرارة لها تأثير على معدل تصلد الخرسانة وكذلك على معدل تجمد الأسمنت وانخفاض درجة الحرارة يؤثر تصلب الخرسانة واكتسابها المقاومة المطلوبة وبالتقرب من درجة التجمد تقل قدرة الخرسانة على اكتساب مقاومتها .

واكتساب مقاومة الخرسانة يتوقف تماماً عندما ينفذ الحصول على الرطوبة المطلوبة لمعالجتها الخرسانة لمدة طويلة والخرسانة التي تم صبها في درجة حرارة منخفضة يمكن أن تكتسب مقاومة أقل من المقاومة التي تكتسبها الخرسانة في درجات الحرارة العالية ولكن معالجة الخرسانة في الأجواء الباردة يجب أن تأخذ زمناً طويلاً لإتمامها .

الانكماش جوهرياً كما في عمليات إنشاء الهيدرومات ذات المسطحات الكبيرة يمكن الاستفادة من عمل فواصل الانكماش . وفي هذه الحالات يوصى بتقسيم الأرضية إلى مجموعة من الأجزاء وأن يصب أولاً كل ثاني جزء ، ثم تصب فيما بعد الأجزاء الباقية بعد أن تكون الأولى عولجت وجفت . ولا فإنه من الأفضل ترك مجارى بعرض من ٢٠ إلى ٣٠ سم مثلاً بين الأجزاء المختلفة ، ولا تصب هذه المجارى إلا بعد أن تكون الأجزاء المجاورة لها قد جفت بعد المعالجة ويجب أن تزود جوانب المجارى بمفاتيح كما يجب استمرار هذه المجارى إلى أعلى في أى حائط يتقاطع معها .

(ب) يجب ألا تعرض الهيدرومات لضغط المياه الجوفية لمدة تتراوح من ثلاثة إلى خمسة أيام بعد الصب . وذلك لمنع تسرب المياه خلال الخرسانة أو لمدة تكفى لتصلد الخرسانة في حالة ما إذا كان ضغط الماء يسبب إجهادات ذات بال في أعضاء المنشأ . وخلال هذه المدة يلزم بحفظ متسوب المياه الجوفية منخفضاً إلى مستوى مناسب باستخدام الطلمبات وإلا فإنه يلزم ضم المنشأ بالماء ليتعادل الضغطان الداخلي والخارجي .

(١٠) فواصل التمدد : تكون المسافة القصوى بين فواصل التمدد كما يلي :

٤٥ متراً في المناطق عالية الرطوبة .

٤٠ متراً في المناطق الرطبة .

٣٥ متراً في المناطق متوسطة الرطوبة .

٣٠ متراً في المناطق الجافة .

عل أن يسمح بزيادة هذه المسافات بمقدار أعظمى لا يزيد عن ثلث القيم المبينة أعلاه عل أن يؤخذ عندنا تأثير النفورات الحرارية وتقلص (انكماش) البيتون بالاعتبار في تصميم العناصر المختلفة للمنشأ .

ملحوظة :

والرسومات التالية تبين فواصل التمدد للآتي :

أ - فواصل الأرضيات من البلاطات والكمبرات المسلحة .

ب - فواصل للبلاطات الخرسانية بدون كمبرات .

ج - فواصل لبلاطات خرسانية ظهورها غير مهم .

د - فواصل منطقة بالطبقات العازلة على التراب مباشرة .

(١١) وقاية الخرسانة ومعالجتها :

(أ) يجب وقاية الخرسانة حديثة الصب من المطر والجفاف السريع خصوصاً في حالة الجو الحار أو الجفاف أو للعاصفة وذلك بتغطيتها بأغطية مناسبة من وقت انتهاء صب الخرسانة إلى الوقت الذي يصبح فيه السطح صلباً بدرجة كافية بحيث يمكن رشه بالماء وتغطيته بمادة رطبة .

(٦) الدمك : تشمل عملية الدمك الغر والغز مما يجعل الخرسانة تتساق حول أسياخ التسليح وتغلغلها بحيث تملأ كافة فراغ القالب للمنسوب المطلوب .

يجوز الدمك بالأدوات البدوية إذا لم ينص على استعمال الوسائل الميكانيكية مثل هزازات الأسطح وعلى العموم فإنه يوصى باستخدام الهزازات حيث إنها تقلل من مدة الدمك وتمكن من تخفيض نسبة الماء للأسمت في الخلطة مما يؤدي إلى خرسانة أعلى جودة ويلزم أن يقوم بعملية الدمك شخص مدرب بحيث لا يترك مكاناً بدون دمك ولا يطيله بحيث يحدث انفصال حبيبي في مواد الخرسانة وطفو كميات كثيفة من لباني الأسمت على سطحها .

ويراعى ألا يتسبب الصب والدمك بأى حال في تقللة الخرسانات السابق صبها أو زحزحة تسليحها حتى لا تكون فراغات في الخرسانة أو حول أسياخ التسليح ومهما كانت الطريقة يجب أن يستمر الدمك حتى ينعدم التمشيش ويختع ظهور الفقاعات الهوائية وتصل الخرسانة إلى أقصى كثافة .

(٧) فواصل الصب : فاصل الصب هو الفاصل بين صبتين متجاورتين انقضى بين إجرائهما فترة من الزمن بسبب عدم إمكان إجراء الصب بأكمله في عملية مستمرة . ويراعى عند اختيار مواقع فواصل الصب وإجرائها الشروط والاحتياطات التالية .

(أ) أن تكون الفواصل في الكمبرات عند نقط الانقلاب المجاورة للركائز التي تم صبها .

(ب) أن تكون الفواصل في المواقع التي تقل عندها قوى القص ما أمكن ويجب أن يكون الفاصل متعامداً مع القوى الداخلية المؤثرة .

(ج) يجوز في حالة البلاطات عمل الفواصل متصفاً عرض الكمبرات الحاملة لها .

(د) تعمل الفواصل بين الأعمدة والكمبرات مع منسوب قاع تلك الكمبرات أو قاع مشابيحها إن وجدت .

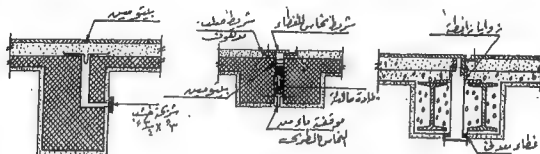
(هـ) تعمل الفواصل بين الكمبرات العميقة أو المقلوبة والبلاطات المصلة بها عند هذا الاتصال وعند وجود مشابيح في البلاطات يكون صبها مع البلاطات .

(و) عند استئناف الصب بعد يوم أو أكثر ينحت سطح الخرسانة جيداً لإظهار الركام الكبير ثم تزال الأوساخ والمواد السائبة ثم يفسل بالماء حتى يتشبع ويعتدل وتوضع مونة بتركيبة مماثل لمونة الخرسانة بالقدر الذي يكفى لتغطية الركام الظاهر ويعتدل بسنائف الصب .

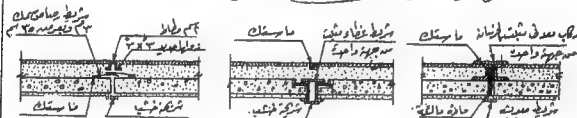
(٩) فواصل الانكماش : في الحالات التي يكون فيها شروخ

ويجب حفظ الخرسانة باستمرار ابتداء من وقت تصدق الأسمنت سريع التصلد . ويتم ذلك برشها جيداً بالماء أو بتغطية السطح بدرجة كافية لمدة لا تقل عن سبعة أيام وذلك عند السطح بجيش أو رمل أو قش أو حصى أو بأى مادة مناسبة استعمال الأسمنت البورتلاندى العادى وثلاثة أيام عند استعمال مع حفظها فى حالة رطبة بالرش المستمر .

فواصل التمدد



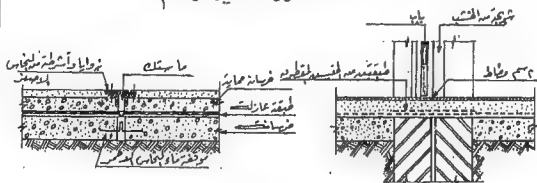
فواصل لأرضيات من البلاطات والكمرات المسلحة



فواصل لبلاطات خرسانية مدوكمرات



فواصل لبلاطات خرسانية ظاهرياً غير مهم



فواصل لبلاطات مغطاة بالطبقات العازلة على التراب مباشرة،

ب) يجب ألا تتعرض الخرسانة في أيامها السبعة الأولى من صباها لماء يحوي أملاحاً ضارة .
 جـ) يجب ألا تتعرض الخرسانة لضغوط من جانب واحد نتيجة ماء جوفى أو ردم ترابى لا سيما المشيع منه بالماء إلا بعد أن تصل الخرسانة إلى مقاومتها المقررة .

— اختبارات المواد الداخلة في تركيب الخرسانة :

في حالة الشك في جودة أى مادة من المواد المكونة للخرسانة تجرى عليها الاختبارات الواردة في المواصفات القياسية .

— اختبارات الخرسانة :

وتحضر عينة الاختبار بوضع الخرسانة الطازجة في القالب على طبقات سماكة الطبقة الواحدة ٥ سم تقريباً ويتم دمك كل طبقة بعناية بقضيب صلب قياسى وزن ٢ كيلو جرام بطول حوالى ٤٠ سم وبنهاية مربعة المقطع مقياس ٢٥ × ٢٥ سمستيمتر . وتدمك كل طبقة باليد بهذا القضيب ٢٥ مرة ويمكن بدلاً من ذلك دمك الخرسانة بالخر المناسب .

وتعالج العينات بحفظ القوالب في رطوبة عالية لا تقل عن ٩٠٪ وعند درجة حرارة تتراوح بين ٢٠° - ٣٠° لمدة أربع وعشرون ساعة ثم تفك بعد ذلك وتوضع العينات تحت الماء في درجة حرارة (٢٠ ± ٢°) إلى حين موعد اختبارها .

جـ - طريقة الاختبار : تعمل اختبارات الضغط بوضع عينة الاختبار بين لوحين من الصلب ناعمة الأسطح ويتم تعريضها إلى حمل ضغط محورى بمعدل حوالى ١٤٠ كجم / سم^٢ في الدقيقة . ويجب أن تكون مكبة الاختبار ذات قاعدة مركزة كروية .

اختبارات الموقع :

١ - تستخدم هذه الطريقة في اختبارات ضغط الخرسانة التى أخذت عيناتها أثناء التشييد .

أ) تحضير عينات الخرسانة : تؤخذ الخرسانة اللازمة لعينات الاختبار عند وضعها في القالب للتأكد من أنها تملأ الخرسانة في للنشأ ويلزم أخذ عدة عينات من مناطق متفرقة بحيث تكون كل عينة كافية لعمل العينات اللازمة للاختبار . ويجب بيان المناطق التى أخذت منها هذه العينات .

ب) تحضير عينات الاختبار : تجهز العينات طبقاً لما جاء في الطريقة السابقة للاختبار للعمل .

جـ) معالجة عينات الاختبار : تحفظ عينات الاختبار في الموقع في مكان بعيد عن أى اهتزاز في أوعية رطبة لمدة ٢٤ ± ساعة حيث تستخرج بعدها من القوالب وتعرض لنفس

الظروف للعرض لها للنشأ من معالجة حتى تاريخ الاختبار . ثم تسمى العينات التى سوف ترسل للمعمل لاختبارها تمهيداً لنقلها في رمل رطب في غضون ٢٤ ساعة قبل اختبارها .

١) عموميات : تجرى اختبارات أولية على خرسانة مجهزة بنفس الكيفية والوسائل التى سوف تجهز بها أثناء التنفيذ ويعمل من أجل ذلك ستة قوالب قياسية ثلاثة منها تخبر في مقاومة الضغط بعد ٧ أيام والثلاثة الباقية بعد ٢٨ يوماً : كما تجرى اختبارات الموقع على عينات مأخوذة من نفس خرسانة التنفيذ (بمعدل ٦ قوالب على الأقل لكل ١٠٠م^٣ خرسانة أو للنشأ أو لكل يوم صب إذا زادت كمية الخرسانة المصبوبة فيه عن ١٠٠م^٣) وتجري لها اختبارات مقاومة الضغط المذكورة فيما بعد .

٢) الاختبارات الأولية العملية على عينات الخرسانة :

تستخدم هذه الطريقة لاختبار الضغط على الخرسانة في المعمل حيث يمكن التحكم في نسب المواد للحصول على الخلطة الخرسانية ذات الخواص المطلوبة وذلك باتباع ما يلى :

أ) صنع الخرسانة : يجب أن تشابه المواد والنسب المستعملة في عمل عينات الاختبار تلك التى مستعمل في الموقع ما أمكن . ويراعى حفظ المواد اللازمة للخلط في أوعية محكمة بالمعمل حين إجراء الاختبارات عليها . ويراعى جعل المواد في درجة حرارة تتراوح بين ٢٠° و ٣٠° قبل البدء في الاختبارات على أن يكون الركام المستعمل جافاً . وتقدر الكميات اللازمة من الأسمنت والركام والماء المراد خلطه بالوزن وتخلط الخرسانة باليد أو خلطاف صغير بحيث يمكن تجنب فقد الماء .

وإذا تم خلط الخرسانة باليد فإنه يلزم أولاً خلط الأسمنت والركام الصغير على الناشف حتى يتجانس المخلوط في اللون ثم تضاف إلى الركام الكبير وتخلط جميعاً معاً . وأخيراً يضاف الماء ويخلط الجميع بعناية حتى تظهر الخرسانة الناتجة متجانسة لها القوام المطلوب . وإذا أجريت عملية الخلط باستعمال الخلطاف توضع فيه المواد وتخلط بعناية حتى تتجانس الخرسانة الناتجة في اللون في مدة لا تقل عن دقيقتين .

ب) تجهيز عينات الاختبار : يكون قالب عينات الاختبار

ولا يجوز إجراء هذه الاختبارات قبل انتهاء ستة أسابيع من ابتداء تصلد الخرسانة ويختبر جزء المنشأ المراد اختباره بخصه حمل مقلده مرة ونصف الحمل المحي المتخصص عليه في التصميم إلى حمل مكافئ لجميع الأحمال الميتة في صورتها النهائية (من أرضيات وقواطع ... إلخ) ويترك هذا الحمل لمدة ٢٤ ساعة قبل رفعه .

وفي أثناء الاختبارات يجب وضع قوائم متينة بالعدد الكافي لتحمل الحمل بأكمله ويكون وضعها بطريقة تسمح بترك فراغ مناسب تحت أعضاء المنشأ موضوع الاختبار يسمح بملوث الانحناء المتوقع .

وفي خلال ٢٤ ساعة من رفع مرة ونصف الحمل المحي إذا لم يتخفف ٧٥٪ على الأقل من سهم الانحناء الأعظم الذي ظهر بعد التحميل في مدة الأربع والعشرين ساعة يجب إعادة الاختبار بنفس الطريقة السابقة .

ويختبر جزء المنشأ غير مقبول إذا لم يتخفف على الأقل ٧٥٪ من سهم الانحناء الذي ظهر أثناء الاختبار الثاني .

أما إذا ظهر على أي جزء من المنشأ أثناء الاختبارات أو بعد رفع الحمل أية علامة من علامات الضعف أو سهم انحناء غير متظر أو خطأ في طريقة الإنشاء وجب على المصمم اتباع أي من أو بعض الحلول الآتية :

- وضع ركاز إضافية إن أمكن .
- عمل التخفيض الممكن في الأحمال الحية أو تحسين توزيع الأحمال وتعديل ترتيب الأحمال المركزة .
- عمل التخفيض الممكن في الأحمال الميتة .
- عمل التخفيض الممكن للتأثير الديناميكي إن وجد .
- ويعتبر المبنى غير صالح للاستعمال للفرض المقصود أصلاً إذا كانت جميع هذه الإجراءات لا تزال غير كافية .

الفاوت المسموح به :

١) الفافات المسموح به في الأبعاد :

إن الفافات المسموح به في أي بعد d مقاساً بين أسطح متقابلة أو بين أضلاع أو بين تقاطعات أضلاع يحدد بـ :

$$\frac{1}{4} \sqrt[3]{d} \text{ cm} \text{ — في حالة المنشآت العادية .}$$

$$\frac{1}{6} \sqrt[3]{d} \text{ cm} \text{ — في حالة المنشآت التي تتطلب دقة استثنائية .}$$

د) طريقة الاختبار : تختبر العينات بنفس طريقة الاختبار المعمل السابقة .

٢) على أنه يفضل في كثير من الأحيان إجراء اختبارات الموقع على عينات من الخرسانة تؤخذ وتخضر بنفس الكيفية المبينة سابقاً ثم تحفظ في أوعية رطبة لمدة ٢٤ ساعة \pm ساعة

حيث تستخرج من القوالب ثم تغمى في رمل رطب أو أي مادة أخرى رطبة مناسبة وتنقل مباشرة إلى المختبر حيث تحفظ في الشروط النظامية (تحت الماء ودرجة حرارة $20 \pm 2^\circ \text{C}$) حتى تاريخ اختبارها . ويجب في هذه الحالة ألا تقل مقاومتها المتوسطة عن المقاومة المميزة للخرسانة وألا يزيد الفرق بين القيمة العظمى والقيمة الصغرى عن ٢٠٪ من متوسط مقاومتها . والغاية من هذا النوع من اختبارات الموقع هو مراقبة تصنيع الخرسانة ونقلها إلى حين صباها للتأكد من صلاحية النسب المعتمدة للخطة الخرسانية واستمرار مطابقة خواص المواد المستعملة على خواصها التي اعتبرت عند إجراء الخلطات التجريبية وأيضاً للتأكد من صحة خلط الخرسانة ونقلها إلى موقع الصب وبشكل عام للتحقق من مدى مطابقة خواص الخرسانة عند صباها مع تلك التي حددت لها .

— التفشي على الخرسانة بعد صباها : بمجرد فك القوالب يجب التفشي على الخرسانة بعناية ويجب إصلاح كافة العيوب بأسرع وقت ممكن وتكون طريقة الإصلاح كما يلي :

تزال الأجزاء المتكسكة ويملأ الموضع بالماء لمدة ٢٤ ساعة ثم تملأ بخرسانة مماثلة من زلط رقيق إن كانت الفتحة كبيرة أو بمونة لا تقل نسبة الأسمنت بها عن ٨٠٠ كجم للمتر المكعب وملء مع استخدام أقل نسبة من ماء الخلط ويفضل استخدام ملء مع الأسمنت كلما أمكن ذلك وبخاصة في الأسطح السفلية .

في حالة الشك بمقاومة الخرسانة في عنصر ما يمكن أخذ جزرات أسطوانية متصلة منه بقطر حوالي ١٠ سم واختبارها على الضغط . وتعتبر الخرسانة مقبولة إذا كان متوسط مقاومة الجزرات لا يقل عن ٨٠٪ من المقاومة المميزة المطلوبة للخرسانة في العنصر . وبشرط ألا يزيد الفرق بين المقاومة العليا والمقاومة الدنيا للجزرات عن ٢٥٪ من متوسط مقاومتها . فإذا لم يتحقق هذا الاشتراط فيجب إجراء اختبار تحميل .

— اختبارات تحميل المنشآت الخرسانية : تجري اختبارات التحميل على المنشأ بعد إقامته إذا طلب ذلك في مواصفات العملية أو إذا كان هناك سبب يدعو إلى الشك في كفاءة المنشأ من حيث متنته .

(٢) التفاوت المسموح به في الاستقامة العمودية :

إن التفاوت المسموح به في الاستقامة العمودية لعنصر ارتفاعه h يحدد بـ $\alpha \sqrt[3]{h}$ سم حيث تحدد α من الجدول التالي :

$\alpha \sqrt[3]{h}$	منشآت عادية	منشآت ذات استثنائية
عناصر حاملة ذات أوجه رأسية	$\alpha = 0.33$	$\alpha = 0.2$
عناصر حاملة ذات أوجه غير رأسية	$\alpha = 0.40$	$\alpha = 0.25$
عناصر غير حاملة	$\alpha = 0.50$	$\alpha = 0.33$

يقصد بـ «عنصر حامل» العنصر المخصص لنقل الأحمال الرأسية كالأعمدة والدعام الكرى إذا كان مثل هذا العنصر ذي وجهين رأسيين والوجهين الآخرين مائلين يجب أن تتبع التفاوتات المذكورة في أول صف من الجدول في الاتجاه العادي ذات الأوجه الرأسية وتفاوتات الصف الثاني في الاتجاه العمودي .

ويقصد بـ «عنصر غير حامل» العنصر غير المخصص أساساً لنقل الأحمال الرأسية ولكن عنصر كهذا ليس بالضرورة أن يكون عنصراً غير حامل .

(٢) التفاوت المسموح به في الاستقامة الطولية : يميز التفاوت المسموح به في الاستقامة الطولية على ضلع مستقيم (أو على كل راسم مستقيم لمستوى مسطح) بأقصى سهم لترقيم المقبول لكل جزء طولي من هذا الضلع (أو من هذا الرسم)

وهي محددة عند : $\frac{L}{300}$ (بحد أدنى ١ سم) في حالة المنشآت

العادية و $\frac{L}{500}$ (بحد أدنى ١ سم) في حالة المنشآت التي تتطلب دقة استثنائية .

التفاوت المسموح به في التسليح :

(١) التفاوت المسموح به بين أدنى أبعاد أسياخ التسليح (وبين الجدران) .

(أ) بالنسبة للأوجه المصبوبة على قاع القالب (أقصى أو مائل) فالتفاوت في أدنى مسافة بين كل سيخ تسليح والجدار محددة بعشر (0.10) هذه المسافة . يفترض احترام هذا التفاوت استخدم سندات ذات أبعاد دقيقة .

(ب) بالنسبة للأوجه المصبوبة على الجدران الجانبية للقوالب (أو على الأوجه العليا العمودية للقوالب) فإن التفاوت المسموح به لأدنى بعد بين كل سيخ تسليح والجدار محددة بخمس (0.20) هذه المسافة .

(جـ) بالنسبة للأوجه العليا المسواه وغير مقبولة فإن التفاوت المسموح به في المسافة بين كل سيخ تسليح وهذا الوجه محددة بربع (0.25) هذه المسافة .

(٢) في الاتجاه الذي يكون لتحرك الأسياخ أسوأ الأثر على مقاومة العنصر فإن التفاوت المسموح به في كل وضع أسياخ التسليح الرئيسية (المخصصة لنقل الإجهادات العادية المؤثرة على قطاعات المستقيمة في العنصر : كمره ، بلاطة ، لوح ، قشرة ... إلخ) بالنسبة للوضع الموقع في الرسومات التنفيذية ، هذا التفاوت محدد بعشر (0.10) سمك الخرسانة الكلي في هذا الاتجاه ، بحد أقصى ١ سم للكمرات و 0.5 سم للبلاطات ، والألواح ، والقشرات ... إلخ) .

(٣) في الاتجاه العمودي على السابقة فالتفاوت المسموح به محدد بنصف (0.50) المسافة حتى أقرب سيخ تسليح (إذا وجد) بحد أقصى ١ سم في كل الحالات .

(٣) التفاوت المسموح به في وضع التسليح العرضي : بالنسبة للتسليح العرضي العناصر المشورية مثل الإطارات والأساور (الكائنت) فالتفاوت المسموح به في وضع الأسياخ في الاتجاه الطولي بالنسبة للوضع الموقع في الرسومات التنفيذية محددة بعشر (0.10) المسافة بين أسياخ التسليح العرضي المتتالي بحد أقصى ٢ سم .

السرور في البناء

الباب الثاني

الفصل الأول

٣) تحديد أسباب التصدع : إن مسألة تحديد أسباب

التصدعات تعتبر أكثر المراحل أهمية. وتقديراً وبمجرد بالذكر أنه لا يمكن استخدام قواعد وأسس ثابتة تعتمد عليها في تحديد أسباب تصدعات المنشأ لكن لا بد من الاستفادة من الشروط المحلية للحالة للمعالجة . فكل حالة تصدع لها خصائصها الذاتية التي يجب أن يفهمها المهندس الإنشائي ومن ثم يستطيع أن يشخص طبيعة التصدع ووضع الحلول السليمة والمناسبة .

يوصى عادة عند قيام المهندس في تحديد أسباب التصدع استخدام مبدأ استبعاد الاحتمالات غير الممكنة بالتال، أي: توضع جميع الأسباب المحتملة للتصدع ثم يشرح بصورة منهجية بخلاف كل سبب منها غير محتمل وهكذا حتى يبقى سبب أو أكثر للتصدع .

يستطيع الخبير المتمرس واعتاداً على طبيعة الشقوق المتولدة في المنشأ للتصدع باستقراء هذه التصدعات أن يحدد أسبابها بدقة كافية .

يوصى عادة عند المشروع في تحديد أسباب التصدعات في منشأ اتباع الخطوات التالية :

أ) الامتحان المنهجي للمنشأ للتصدع وإنشاء مصور توضيحي للشقوق والتصدعات فيه .

ب) تتبع هبوط المنشأ وسلوكه والمنشآت المجاورة له :

ج) جمع كل المعلومات الضرورية عن المنشأ للتصدع والمنشآت المجاورة له .

د) دراسة جميع المصورات والرسومات والوثائق التنفيذية للمنشأ للتصدع .

هـ) إجراء الاختبارات الضرورية عند مناسيب التأسيس وفي المناطق الحرجة .

٤) تقييم متانة المنشأ للتصدع ودرجة أمانه الفعلية :

يكون المنشأ عادة في الاستئثار عند ملاحظة علامات التصدع بموجب في المرحلة الأولى وبشكل فوري دراسة علامات التصدع من قبل جهة خبيرة متخصصة واتخاذ القرار بالسرعة القصوى حول إمكانية الاستمرار في استخدام المنشأ للتصدع بشكل عادي أو تقيد شروط الاستئثار ، أو إخلاء

الملخص المنهجي الذي يجب اتباعه في ملاحظة تصدع المباني :

كيفية تحديد أسبابها ، وطرق تقييم متانتها، ودرجة أمانها الفعلية وتحديد الإصلاحات أو التدعيم المناسب والاختيار للحل الأمثل للإصلاح أو التدعيم وتعداد أهم طرق إصلاح التصدعات . والتي تليخص في التالي :

١) لقد أصبح ثابتاً بأن الحوادث الهندسية ووقوع العيوب والتصدعات هي ضريبة غالية تدفعها الإنسانية من أجل التقدم التقني ، فإذا تمت الاستفادة من هذه التجارب الفاشلة فإنها تصبح درساً مفيداً في العلوم الهندسية مستقبلاً ، حيث إن تطور العلوم والتقنية لا يم إلا بالتحليل المتعمق للأخطاء والحوادث الحاصلة واستخلاص النتائج والدروس المفيدة التي تدفع عجلة التطور التقني للأمام باتجاه الأفضل .

ترتبط مسألة ظهور العيوب والتصدعات في المنشآت بشكل أساسي بعدة محييات رئيسية يذكر منها أخطاء التصميم أو التنفيذ أو الاستئثار .

٢) ملاحظة التصدع : يتعرض المنشأ لسبب ما إلى تصدعات مختلفة قد تكون واضحة للعيان أو غير واضحة وتم ملاحظة التصدع من قبل مهندس متمرس في هذا المجال وعليه أن يحدد ماهية هذا التصدع (أسبابه وتشخيصه) ثم اتخاذ القرار المناسب لإصلاح هذا التصدع ، وكيفية إصلاحه وأتبع الحلول المقترحة لذلك .

في بعض الحالات الخاصة تكون التصدعات غير واضحة تماماً للمهندس ، في هذه الحالة لا بد من وجود جهة خبيرة ومتمكنة في مجال المعاينة والتشخيص لاتخاذ الإجراء المناسب .

بناء على ما تقدم أصبح من الضروري فحص المنشآت من جهة خبيرة دورياً ومراقبتها وملاحظة التصدعات إن وجدت (وخاصة المنشآت ذات الأهمية الاقتصادية كالمصانع .. وكل المرافق الحيوية) ونقرر هذه الفترات الدورية للمراقبة كل عشرة أعوام .

لنشأ إن لزم ، أو العمل على تدعيمه بشكل مؤقت .

أما في المرحلة الثانية فيتوجب تقييم متانة المنشأ المتصدع ودرجة أمانه الفعلية واتخاذ القرار المناسب إن كان يحتاج إلى تدعيم وتحديد الإصلاحات الواجبة لإزالة التصدعات .

تعد مسألة تقييم متانة المنشأ معضلة إنشائية تتطلب درجة عالية من الخبرة والحس الهندسي السليم ولا يمكن معالجتها بالتحقق الحسابي فقط ، إنما يتوجب أن يعتمد القرار المتخذ على فهم عميق لفلسفة أمان المنشأ تبعاً لدرجة أهميته .

واعتماداً على طبيعة التصدع يمكن للمهندس أن يقيم بشكل أولي درجة الخطورة للمنشأ المتصدع ، فعلى سبيل المثال لا تعد أغلب التشققات الناجمة عن الأفعال غير المباشرة (خاصة في المقاطع غير الحرجية) خطيرة ، إنما يتوجب إصلاحها ومنع حدوثها مرة ثانية .

وتعد التشققات الحاصلة عن التشطيط (التكسير) في الأعمدة أو الكمرات في قطاعاتها الحرجية) خطيرة جداً ، ويتوجب اتخاذ القرار المناسب بالسرعة القصوى لأنها تمثل حالة حد انبهار لهذه العناصر .

وعلى أى حال ، يكون للمهندس الباحث هو صاحب القرار في تحديد درجة الخطورة في المنشأ المتصدع ، والسؤال المطروح : كيف يتم تقييم المتانة الفعلية لمنشأ ما متصدع ؟ يتم ذلك بإحدى الطرق التالية :

أ) طريقة النسب المحددة : تلخص هذه الطريقة : بأنه عندما تنفذ العناصر الإنشائية وفقاً للتصميم ، وتكون المقاومة الفعلية لمادة الإنشاء (وهي الخرسانة المسلحة) أقل من المقاومة المطلوبة في التصميم فيمكن قبول نسبة معينة للنقص ، وتعد جميع العناصر التي تقل مقاومتها عن المطلوب بنسبة تزيد عن النسبة المحددة فتعد غير مقبولة وتحتاج لإصلاح وتدعيم .

اعتماداً على الخبرة التراكمية تقرّر النسب المحددة التالية لانخفاض المقاومات للعناصر الإنشائية المسموح بها .

في العناصر الخاضعة للضغط (الأعمدة أو الجدران الحاملة) .. لا تزيد عن ١٥٪ في العناصر المعرضة للانحناء (كمرات ، بلاطات ، وما شابه) لا تزيد النسبة عن ٢٠٪

وعلى كل حال ، فيتوجب دائماً التحقق من درجة الأمان الفعلية للمنشأ المنفذ وبناء على ذلك تحدد النسب المسموحة لانخفاض مقاومات العنصر .

ب) الاختبارات اللازمة لتقييم متانة المنشأ :

يقوم المهندس عند تقييمه لمتانة المنشأ المشكوك به بمجمعه من الاختبارات أهمها :

أ) تجربة التحميل : وتجري للعناصر المعرضة للانحناء مثل (البلاطات والكمرات ..) المشكوك بها وتجري وفق الأصول الفنية المحددة عملياً .

ب) الاختبارات المتلفة : وتلخص بأخذ عينات من الخرسانة المتصلبة واختبارها حتى الكسر وتحديد المقاومة الفعلية للخرسانة المسلحة .

ج) الاختبارات الغير متلفة : مثل النبضات فوق الصوتية والطريقة الخرسانية .

ويتوه بأن هذه التجارب للاستئناس وليست ملزمة لتحديد المقاومة ، وفي كل الحالات يبقى القرار النهائي للمهندس في قبول هذه العناصر .

● تحديد الإصلاحات المطلوبة :

بناء على ما تقدم يمكن أن يصل المهندس إلى قرار في ضرورة إجراء الإصلاح أو التدعيم للبناء فأسؤال المطروح : كيف يتم اختيار أفضل حل للإصلاح ؟ يختار الحل المناسب بعد معرفة سبب التصدع وتقييم متانة المنشأ الفعلية واعتماداً على أولويات المتطلبات التالية : الأمان ، أو الاقتصاد ، أو المظهر حيث تختلف هذه من عصر لآخر . تلخص احتمالات القرار الفني المتخذ كالاتي :

أ) التصدعات الحاصلة لا تشكل خطورة إنشائية : في هذه الحالة لا بد من وضع المنشأ تحت المراقبة لفترة محددة من الزمن لمعرفة هل التصدعات نشطة أم تتوقف أو وصلت لمرحلة الحمود .

إذا وصل المنشأ لدرجة الثبات وكانت التشققات غير معية فليس من الضروري في هذه الحالة إجراء عمليات صيانة أو تدعيم . أما إذا كانت التشققات معية ففى هذه الحالة لا بد من إصلاح هذه الشقوق وإزالة عيوبها .

ب) التصدعات الحاصلة غير خطيرة في وضعها الراهن : في هذه الحالة إذا أثبتت المراقبة بأن التصدعات نشطة مع الزمن فيجب دراسة المسألة وتقرير الأمل اقتصادياً : تدعيم المنشأ فوراً ، أو التريث لفترة محددة من الزمن ثم إجراء الإصلاح والتدعيم .

ج) التصدعات الحاصلة خطيرة في وضعها الراهن : في هذه الحالة يتوجب دراسة كلفة حل التدعيم حيث يجب ألا تزيد عن ٥٠٪ من كلفة إعادة المنشأ أما إذا زادت الكلفة عن ٥٠٪ فيفضل هدم العناصر وإعادة بنائها إن لم يوجد مانع آخر . ويتوه بأنه هنالك حالات عديدة يختار حل التدعيم مهما كانت كلفته وظيفي أو تنفيذي أو إجمالي ... إلخ .

وتعتبر الخرسانة المسلحة من أكثر مواد البناء شيوعاً وذلك لسهولة تشغيلها ومرونة تشكيلها بالإضافة إلى رخص سعرها النسبي . وتظفر لانتشار استخدامها وتنوع مستويات تصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية وطرق استخدامها فقد تعددت أنواع العيوب بها ولذلك فإن الفرض الأساسي من هذا البحث هو دراسة الأسباب الرئيسة لتصدعات المنشآت الخرسانية المسلحة وطرق علاج وتقوية هذه المنشآت وتحديد كفاءة الطرق المختلفة للعلاج والتقوية .

٢) الأسباب الرئيسة لانحيار أو تصدع المباني :

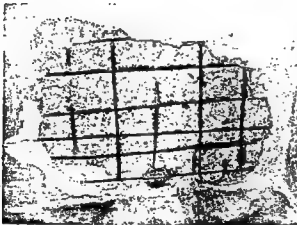
أ) انتهاء العمر الافتراضي للمنشأ مع عدم وجود صيانة له لمدة طويلة هذا بالإضافة إلى سوء استعمال السكان للمرافق الصحية وعدم صيانة أجهزة هذه المرافق ومعظم هذه المباني قد مضى على بنائها أكثر من ستين عاماً .

ب) التصدعات الناشئة عن حدوث هبوط متفاوت للترية بسبب عدم دراسة خواص التربة والأساسات قبل إقامة المبني - ويظهر هذا العيب في حوالى ٢٠٪ .

جـ) عيوب في تنفيذ المنشأ سواء عند صب الميكل الخرساني كعدم الاهتمام بوضع حديد تسليح بطريقة سليمة طبقاً للأصول الفنية أو في أعمال التشطيبات مثل البياض والسباكة وعلافة ومثال ذلك :

عدم عمل غطاء عرساني كاف لحديد التسليح في الأسقف والكمرات أثناء صب الخرسانة مما يتسبب عنه تآكل في حديد التسليح وذلك بسبب سقوط الغطاء الخرساني وظهور شبكة حديد التسليح وقد تآكل بالصدأ .

شكل يبين سقوط غطاء السقف بسبب صدأ الحديد



ويتوجب على المهندس دائماً اختيار الحل الأمثل للتدعيم وبم ذلك كالآتي :

٦) اختيار الحل الأمثل للإصلاح أو التدعيم :

يختار الحل الأمثل للإصلاح أو التدعيم بعد معرفة أفضليات متطلبات المنشأ وهي : الاقتصاد ، أو الوظيفة ، أو التنفيذ أو الجمال وتؤخذ بالحسبان العوامل الآتية :

— يجب أن يشتمل تكاليف الإصلاح : التكاليف اللازمة للتنفيذ والصيانة وفائدة كلفة الإصلاح الممكن تأجيله علماً بأنه يتوجب تنفيذ الإصلاح في الوقت المناسب لأن التأخير يزيد التكلفة .

— إذا كانت العيوب قليلة ومترقة فيم الإصلاح لكل عيب على حدة ، أما إذا كانت العيوب كثيرة وعامة فيطلب الأمر إعادة نظر أساسية في التصميم ويجب أن يكون الإصلاح مزجياً للعب تماماً .

— التركيز على تأمين شروط الأمان والوظيفة والجمال وشروط الاستمرار في مرحلة التدعيم .

— عدم تغير الدراسة الإنشائية للعناصر المدعمة وإن حصل التغير لتحقيق من الدراسة الإنشائية الحديثة في مراحل التنفيذ والاستمرار .

— حساب التكلفة الدقيقة والتفصيلية لأعمال الترميم .

الفصل الثاني

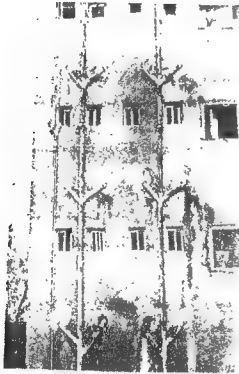
تصدعات المنشآت خلال العشر سنوات الأخيرة بجمهورية مصر العربية

لهذه : خلال العشر سنوات الأخيرة تلاحظ حدوث تصدعات وانحيارات في المباني بنسبة مرتفعة ونتيجة لارتفاع أسعار مواد البناء والمعالجة في العالم عامة وفي مصر خاصة فقد كان الاتجاه العالمي السائد الآن هو عمل الإصلاحات والرميمات اللازمة للمحافظة على حالة المنشآت القائمة وحمايتها من التلف وحيث إن أسعار الملم وإعادة البناء تحتاج إلى تكاليف باهظة فإن الدراسات الآن تتجه نحو اختيار أنسب الطرق وأفضلها سواء من الناحية الاقتصادية أو الفنية للمحافظة على هذه المنشآت وعلاج التصدعات التي تحدث بها .

ومن أجل الوصول إلى أنسب طرق العلاج للمنشآت فقد وجب دراسة الأسباب الرئيسة لهذه الانحيارات حتى يمكن تجنبها وعمل الاحتياطات اللازمة لعدم ظهورها في المباني الحديثة الإنشاء .

صحيحة كما في الشكل التالي وعند دراسة أسباب الانهيارات يتسرب المياه في الحوائط والخرسانات وجد أن ٤٥٪ من هذه الحالات تأثرت بارتفاع منسوب المياه الجوفية في الحائط وأرضيات الأدوار السفلى وأن ٤٥٪ تأثرت بمياه الأمطار وحيث إن سقوط الأمطار نادر في مصر فإن الأسقف الشائعة الاستعمال من الأسقف المستوية . وغالباً ما يحدث تسرب المياه الأمطار بأسقف الأدوار العليا نتيجة لعدم عمل طبقات عازلة بالأسطح وكذلك عدم عمل الميول اللازمة بالأسطح بالإضافة إلى سوء وسائل الصرف . ومن الجدير بالذكر أن معظم العيوب الناتجة من مياه الأمطار مركزة في المباني الموجودة بالقرب من الساحل الشمالي للبلاد حيث تزداد كثافة الأمطار بالنسبة لمباني باقي أجزاء القطر المصري .

رسم يبين عيوب في تنفيذ الأعمال الصحية والطبقات العازلة

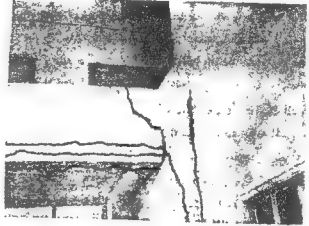


— عدم اتباع المواصفات في تدرج الركام عند تصميم الخلطة الخرسانية ووجود زلط كبير الحجم يسبب فجوات بالخرسانة وبالتالي يتسبب في صدأ حديد التسليح داخل الخرسانة . وقد ظهر هذا العيب في حوالي ١٢,٥٪ من حالات التصدعات .

سوء تنفيذ بعض العناصر الحاملة في الخرسانة المسلحة مثل الأعمدة والكمرات والأسقف والحوائط ويظهر هذا العيب في حوالي ٢٥٪ من حالات التصدعات وتظهر هذه العيوب نتيجة لعوامل مختلفة منها :

— الشروع الناجمة عن تآكل حديد التسليح في أحد الكمرات وأحد الأعمدة على التوالى وتظهر الشروع في الكمرات في اتجاه موازى لحديد التسليح وذلك نتيجة لتكون طبقات من نواتج التآكل بالحديد فزيد في الحجم بمقدار ٢,٢ مرة قدر حجم حديد التسليح الأصل مما يؤدي إلى حدوث ضغط على الخرسانة المحيطة بمعدل ١ طن / البوصة المربعة على الخرسانة المحيطة مسبباً تلك الشروع كما في الشكل التالي :

شروع ناتجة في كمرة مقبولة وعمود لتآكل حديد التسليح



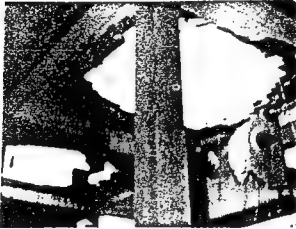
— عيوب في تنفيذ الأعمال الصحية : وهذا العيب شائع في معظم المنشآت ويتسبب عن ذلك تسرب المياه في حوائط المباني والأسقف الخرسانية مما يسبب تآكل في حديد التسليح وغمر في الخرسانة وبالتالي انهيارها ويقل سوء التنفيذ في أعمال الصحي والسباكة وكذلك عدم انتظام الصيانة الدورية لها حوالي ٢٠٪ من حالات التصدعات .

وقد وجد أن العوامل التالية تؤثر تأثيراً مباشراً على معدل تآكل الخرسانة المسلحة بالمياه العذبة :

- درجة علوية المياه .
- حالة مسكون أو حركة المياه .
- كمية المياه المتسربة تحت ضغط .
- درجة حرارة المياه .
- كثافة الخرسانة .
- نوع الأسمنت .
- نوعية وحالة سطح الخرسانة .
- أبعاد وعبر الخرسانة .

حدوث تسرب للرطوبة من خلال حوائط المباني والوحدات الخرسانية المسلحة أو الأرضيات يتسبب في حدوث نسبة كبيرة من الانهيار وقد وجد أن ٤٠٪ من حالات الانهيارات يكون سببها عدم استخدام طبقة عازلة أو استخدامها بطريقة غير

انهار سقف مخزن في منطقة ساحلية



(و) أخطاء في التصميم أو أحوال زائدة عن المسموح بها في تصميم المنشآت التي تم حصرها تحت هذا البند يمثل نسبة ضئيلة جداً .

(٣) دراسة إحصائية للمنشآت التي تصدعت تبعاً لسنة الإنشاء .

وقد تم ترتيب هذه المنشآت تبعاً لتاريخ إنشائها وتم تقسيمها إلى خمس مجموعات . المجموعة الأولى تمثل تلك المباني المنشأة قبل سنة ١٩٥٠ والثلاث مجموعات التالية تمثل ثلاث عقود من الزمان من سنة ١٩٥١ إلى سنة ١٩٨٠ والمجموعات الأخيرة تمثل تلك المنشأة بعد سنة ١٩٨٠ وبعضهم لا زال تحت الإنشاء .

والجدول التالي يوضح النسب المئوية لأسباب التصدعات بالمباني طبقاً لسنة الإنشاء مع ملاحظة أنه في بعض الحالات يوجد أكثر من عامل لحدوث التصدعات (هذه النسب مأخوذة من معهد أبحاث البناء)

سنة الإنشاء سبب التصدع	قبل ١٩٥٠	١٩٥٠-١٩٦٠	١٩٦٠/٦٠	٨٠/٧٠	بعد ١٩٨٠
عامل الزمن	١٠٠٪	٢٥٪	٦٧٪	—	—
عدم صيانة المبنى	٥٠٪	٦٢,٥٪	٢٢٪	٤٤٪	١٧٪
والأعمال الصحية	—	٢٥٪	٢٢٪	٦٠,٩٪	٨٣٪
سوء التنفيذ	—	٢٧,٥٪	٤٧٪	٢١,٧٪	٨٪
عدم دراسة خواص التربة	—	—	١٢٪	٤٪	—
والأساسات	—	—	—	—	—
تصميم	—	—	—	—	—

— عدم تنفيذ وصلات التمدد بالحرسات تبعاً للأصول الفنية .
— عدم عمل كميرات لتوزيع حمل السقف على الحوائط عند البناء بنظام الحوائط الحاملة .

— عدم تقوية الحوائط المنشأة بالطوب عن طريق عمل أكتاف مبانى على مسافات متساوية تسبب انهيار بعض هذه الحوائط .

— في بعض الحالات النادرة : لم تنفذ إحدى العناصر الإنشائية الحاملة الموضحة في اللوحة الإنشائية .

— بعض العيوب البسيطة أثناء التنفيذ يمكن أن يتسبب في عيوب ضخمة بعد ذلك مثل عدم دمك التربة في الأكوار الأرضية قبل تليط الأرضيات قد يسبب تكسر بلاط الأرضيات بعد تركيبه - ومثال آخر لذلك عند عدم عمل ميلو بأرضيات الحمامات ودورات المياه قد يسبب تجمعاً للمياه وبالتالي تآكل في العناصر الخرسانية وفي أرضيات الحمامات .

(د) بعض عيوب المباني تكون نتيجة عدم مطابقة المواد المستخدمة للمواصفات القياسية ومثال ذلك استخدام أسمنت غير مطابق للمواصفات نتيجة لسوء التخزين في بعض الحالات فإذا تعرض الأسمنت لأي رطوبة فإن قوة الأسمنت تقل وبالتالي تقل قوة الخرسانة .

كذلك عند استخدام حديد تسليح به صدأ فإن ذلك يجلبث عازلاً ما بين الخرسانة والحديد وبالتالي تقل قوة الالتصاق بينهما . وقد وجدت هذه العيوب في حالات قليلة .

(هـ) يحدث الانهيار المبكر للمنشآت الخرسانية عندما يكون المنشأ في منطقة ساحلية ولم يتخذ الاحتياطات اللازمة لصيانتها .

كما يجب ترميم العيوب الناتجة عن تسرب المياه بالخرسانات والمباني .

تسرب مياه الصرف الصحي والمجاري : داخل حوائط المباني والأسقف والكمرات الخرسانية المسلحة يتسبب في تآكل الخرسانة بمعدل سريع نتيجة لوجود الكلوريدات والأملاح بنسب مرتفعة بها ولذلك فإن صيانة المنشآت المعرضة لمياه الصرف والمجاري تحتاج إلى إصلاح الأسباب الرئيسية للتسرب ثم عمل طبقات عازلة مناسبة بحيث لا تتأثر بمياه المجاري . ويتم بعد ذلك ترميم التصدعات التي تحدث في الخرسانات .

— أما بالنسبة للمياه الجوفية فإنها تسبب تآكل في خرسانة الأساسات والأدوار السفلى للمنشآت خاصة تلك التي تحتوي على أملاح وأحماض مما تسرع من عملية التآكل . لذلك فإنه يجب تحليل المياه الجوفية قبل اقتراح طريقة العلاج حتى يمكن استخدام مواد مقاومة لتلك الأملاح في العلاج للحفاظ على الخرسانات بعد علاجها وعدم تآكلها وقد وجد أن نسبة المواد المهاجمة للخرسانات في المياه الجوفية تؤثر على معدل تآكل الخرسانات .

— كذلك فإنه لعمل علاج سليم لمشكلة تسرب المياه . يجب دراسة نوع المياه المنسبة في هذا التآكل من حيث التحليل الكيماوي ودرجة تركيز الأملاح بها ودرجة حرارة البيئة المحيطة وكذلك مدى تحرك هذه المياه أو سكنها فإن تسربها تأثير مباشر على معدل التآكل . ولاختيار طرق الوقاية الفعالة فإنه يختار نوع الخرسانة المناسب وذلك بالعناية بتصميم الخلطة الخرسانية واختيار نسبة الأسمتنت بها وحجم الركام المناسب وكذلك نسبة مياه الخلط وعمل دمك أثناء عملية الصب — كما أنه يمكن استخدام أنواع خاصة من الخرسانات مثل استخدام الخرسانة الأيوكسية المقاومة للأحماض .

ويوجد عدة طرق لمقاومة تآكل الخرسانات من تسرب المياه ومعالجة هذا التآكل وأهم الطرق المعروفة والمستخدمه هي :

— معالجة الأسطح الخرسانية وذلك عن طريق ترسيب مادة مقاومة للتآكل على سطح الخرسانة أو عمل دهانات للأسطح الخرسانية باستخدام البيتومين أو القار أو دهانات الزيت أو المواد الراتنجية أو البلاستيك .

— المعالجة باستخدام الأسمتنت أو السيليكا بماء الفراغات الموجودة بالخرسانة أو عمل حقن للخرسانة بالبيتومين مثلاً .

— استخدام تكمسيات من الحجارة الطيعية أو بلاط السيراميك .

— استخدام إضافات للخرسانة من المواد البلاستيكية والمطاط .

طرق العلاج المتبعة : يجب عمل صيانة دورية للمنشآت الخرسانية حتى تضمن إمكانية استغلالها لأطول فترة ممكنة والاستفادة منها . والمقصود بالصيانة الدورية هنا هو المحافظة على جميع عناصر المنشأ سواء كانت هذه العناصر خرسانية أو غير خرسانية . حيث إن عناصر المنشأ الأخرى يمكن أن تؤثر على الخرسانة تأثيراً مباشراً مثل سقوط البياض نتيجة لعوامل التعرية من الأمطار ورياح ورطوبة خاصة في البلاد الساحلية . أو حدوث تسرب للمياه سواء مياه عذبة أو مياه مجرى وصرف صحي أو مياه جوفية .

وطريقة علاج المياه يتوقف على نوع المياه المتسربة وعلى نوع الخرسانات إذا كانت في الأساسات أو في إحدى عناصر الحاملة الأخرى بالمنشأ أو في الأسقف حتى يمكن اختيار المادة المناسبة للعلاج .

كما أنه يجب مراقبة ظهور أى شروخ في المنشأ ومعرفة سبب ظهورها حيث إن طريقة علاج الشروخ تتوقف على معرفة السبب الرئيسى لظهورها حتى يمكن تقادى هذا السبب ثم علاج الشرخ للتأكد من عدم ظهورها مرة أخرى . ومن الجدير بالذكر أنه يجب دراسة خواص المواد المستخدمة في علاج الشروخ قبل استعمالها للتأكد من صلاحيتها ويكون ذلك عن طريق إجراء بعض التجارب العملية على هذه المواد وتحديد خواصها والتأكد من أن المنشأ قادر على مقاومة الأحوال المعرض لها دون حدوث أى شروخ أو عيوب جديدة في الخرسانات بعد العلاج .

وفيما يلي شرح لبعض طرق العلاج المتبعة في حالة تسرب المياه في المنشآت وكذلك في حالة ظهور شروخ بها :

أ) علاج المنشآت الخرسانية من التآكل بسبب تسرب المياه : يجب التأكد من عدم تسرب المياه للخرسانات سواء كانت تلك المياه عذبة نتيجة تسرب مواسير الأعمال الصحية داخل الحوائط أو مياه مجرى نتيجة تسرب مواسير أعمال الصرف الصحي في المنشآت أو كانت تلك المياه مياه جوفية قد تؤثر على أساسات المنشآت أو مياه البحر في المناطق الساحلية ولكل سبب من هذه الأسباب طرق العلاج الخاصة به .

تسرب مياه الشرب : من خلال المواسير داخل المباني قد يحدث تآكل بالخرسانات وكذلك بالحوائط المبنى ، وقد تلاحظ وجود العيب في كثير من المنشآت التي تم دراسة أسباب ظهور التصدعات بها ، ويمكن صيانة هذه المنشآت عن طريق إصلاح السبب الرئيسى للتسرب وذلك بتغيير المواسير التالفة وإحكام الوصلات وعمل طبقات عازلة بطريقة صحيحة مع اختيار المواد المناسبة للزمل للتأكد من عدم تسرب المياه وتآكل الخرسانة ،

— عمل عازل للمياه المتسربة للخرسانة وذلك عن طريق استخدام مواد يتيومية أو ألواح معدنية ، بلاستيك ، استخدام مطاط طبيعي أو صناعي أو استخدام خرسانة بولومرية أو مونة أستمتية مضاف إليها بعض الإضافات الصناعية .

الفصل الثالث أنواع الشروخ

أولاً : شقوق قبل الصلبد :

- (١) أضرار التجمد المبكر .
- (٢) خاصية لدونة الخرسانة .
- (أ) انكماش الخرسانة وهي لدنة .
- (ب) هبوط الخرسانة وهي لدنة .
- (٣) حركة خارجية أثناء التنفيذ .
- (أ) حركة الشدة .
- (ب) حركة التربة السفلية .

ثانياً : شقوق بعد الصلبد :

- (١) فيزيائي :
- (أ) ركام قابل للانكماش .
- (ب) انكماش ناتج عن الجفاف .
- (ج) تشققات شبكية .

(٢) حراري :

- (أ) تعاقب التجمد والذوبان .
- (ب) التغيرات الموسمية في درجة حرارة الجو .
- (ج) التقلص الحراري المبكر .
- (١) إعاقة خارجية للحركة .
- (٢) فرق في درجة الحرارة بين سطح الخرسانة ودخلها .

(٣) كيميائي :

- (أ) صيداً وتآكل التسليح .
- (ب) تفاعل قلوي للركام .
- (ج) كربنة الأمنت .

(٤) إنشائي :

- (أ) أحمال زائدة (مؤقتة وضعت لأسباب عارضة كالترميم مثلاً) .
- (ب) عدم مراعاة الزحف (في الخرسانة سابقة الإجهاد على وجه الخصوص) .
- (ج) أحمال التصميم غير صحيحة .
- (د) تنفيذية (نوعية سيئة للخرسانة ، عدم العناية بوضع التسليح ووصلاته .. إلخ) .

(هـ) تشققات بسبب مشكلات في التربة .

ونقسم المباني التي بها الشروخ إلى قسمين وهما المباني الجاهزة والمباني العامة :

أولاً : المباني الجاهزة : وقيل أن نتكلم عن الشروخ في المباني الجاهزة سنتلقى الضوء على ماهية المباني الجاهزة إجمالاً .

مكونات المبني الإنشائية :

(أ) الأساسات : وتختلف أنواعها طبقاً لنوع التربة المطلوب التأسيس عليها ، وكذلك نوع الأحمال الواقعة على التربة ، ويوجد هنا شرط أساسي أنه غير مسموح بحدوث هبوط غير متساوي يؤثر على سلامة المبني .

(ب) الحوائط : تنقسم الحوائط إلى ثلاثة أقسام هي :
— حوائط حاملة خارجية (عبارة عن جزء حامل + جزء عازل للحرارة) .

ب حوائط حاملة داخلية .

— حوائط غير حاملة (قواطع) .

وتعتبر الحوائط الخارجية والداخلية هي العناصر الرئيسية في مقاومة جميع القوى والأحمال التي تقع على المبني وتتولى كذلك وظيفة نقلها حتى منسوب الأساسات .

(ج) البلاطات : تقوم البلاطات بوظيفة التغطية بالمبني وكذلك نقل الأحمال الرأسية والأفقية إلى الحوائط ، لذا يشترط أن تكون بالقدر الكافي لتقوم بوظيفتها مع عدم حدوث ترخيم في البلاطات نفسها .

(د) السلم : تنقسم عناصر السلم إلى قليات (stair) و flight وبسطات (landing) وتكون وظيفتها الإنشائية لنقل الأحمال بجميع أنواعها الواقعة عليها إلى الحوائط الحاملة .

(هـ) القطع الخاصة : وهي تشمل جميع أنواع القطع الخاصة (وهي القطع التي لم تذكر في البنود السابقة) مثل دراوي السطح والبلكنات وكذلك دراوي السلم .

ويتطلب الأمر أن تكون قوية بالقدر الكافي حتى تؤدي وظيفتها المعمارية كذلك لنقل الأحمال الواقعة كلها إلى أقرب بلاطة أو حائط حامل .

(و) الوصلات : وهي تشمل الوصلات بين الأجزاء وبعضها وهي إما خرسانية مسلحة أو قطعاعات حديد تشكل وتلحم ببعضها .

(أ) الأحمال الرأسية : Vertical load وهي تنقسم إلى :

- (١) أحمال ميتة ناتجة عن وزن عناصر المبني الخرسانية dead load
- (٢) أحمال حية (إنشائية والإجهاد)

الماء على سطح الخرسانة .

وشروخ الانكماش اللدن عادة ما تكون قصيرة وسطحية وتظهر في اتجاهين عكسين في آن واحد وفي حالة عناصر المنشآت سابقة التجهيز التي تصنع في أماكن مغلقة وتعالج جيداً فلا يخشى من خطورة شروخ الانكماش اللدن لصغرهما .

(جـ) شروخ الانكماش الحرارى :

يتولد أثناء الشك والتصلد المبكر حرارة ناتجة من التفاعل الكيميائى بين الماء والأمنتت وغالباً ما تعالج العناصر سابقة التجهيز بالبخار Steam Curing وتلك المعالجة الحرارية تولد كمية كبيرة من الحرارة خلال الخرسانة ، وعندما تبرد الخرسانة وتنكمش تبدأ الإجهادات الحرارية في الظهور وهو خاصة إذا كان العنصر الخرساني محكوماً وإذا كان التبريد غير منتظم خلال العنصر (مثال ذلك الكمرات سابقة الصب والفنشات أو ذات التخانات المتفرقة) ، وقد يحدث إجهاد الشد الحرارى شروخاً دقيقة جداً يقدر أن يكون لها أهمية إنشائية ولكن ذلك يخلق أسطحاً ضعيفة داخل الخرسانة ، كما أن انكماش الجفاف العادى يؤدي إلى توسيع هذه الشروخ بعد ربط العناصر سابقة التجهيز .

(د) شروخ انكماش الجفاف :

Drying Shrinkage Cracking

وهذا النوع من الشروخ يحدث عندما تقابل العناصر القصيرة ذات التسليح القليل حواجز تعيقها (كما في حالة لتصال كورنيشة ذات تحانة صغيرة ببلاطة شرفة ذات تحانة كبيرة) ، وفي الكمرات سابقة التجهيز فإن خرسانة الأطراف المفصلة تصب في مجارى من وصلات متصلة سابقة الصب (كقالب) ، ونظراً لضيق هذه المجارى نسبياً فإنها تحتاج إلى كمية مياه عالية نسبياً لتسهيل عملية الصب ، وتحدث في الفواصل الرأسية غالباً شروخاً دقيقة نتيجة الانكماش .

(هـ) فروق الإجهاد الحرارية :

Differential Thermal Strain

إن أسلوب الإنشاء في المنشآت سابقة التجهيز يساعد على التأثر باختلاف درجة الحرارة لاختلاف الطقس الطبيعي أو نتيجة التسخين steam curing .

ولذا تظهر الشروخ في الجوار المحصورة sandwich panels عندما يكون اتصال وجهها بالمشأ متنبأ .

كما أن الحرارة المفاجئة لها تأثير حرارى آخر حيث يولد الارتفاع المفاجئ في درجة الحرارة سلسلة من الشروخ ، فإذا كانت الطبقة الخارجية للبحر المحصور قليلة السمك (٣ سم مثلاً) فإن حدوث هذا التهييم يكون أكثر احتمالاً .

(٢) أحمال حية وهى :

— أحمال ناتجة عن وزن القواطع .

— أحمال ناتجة عن مواد التشطيب finishing load .

— أحمال ناتجة عن استخدام المبنى live load .

(ب) القوى الأفقية : وهى القوى الناتجة عن تأثير الريح

(wind) طبقاً للمواصفات القياسية المصرية .

(جـ) قوى إضافية : هذه القوى تنتج عن ظروف خاصة بكل مبنى وكل منطقة كمثال :

— القوى الناتجة عن اختلاف درجات الحرارة داخل للمبنى وخارجه .

— القوى الناتجة عن حدوث بعض المبوط الغير متساوى (المسموح به) .

— القوى الناتجة عن عدم تطابق مركز ثقل عزم القصور الدائى للعناصر القوية للمبنى مع مركز تأثير القوى الأفقية (twisting moment) .

— تأثير الزلازل .

— القوى الناتجة عن عدم رأسية تسلسل انتقال القوى الرأسية .

الشروخ الخرسانية للمباني الجاهزة

أولاً - أنواع الشروخ :

تحدث الشروخ الخرسانية لأسباب مختلفة ، وقد تكون هذه الشروخ على درجة من الخطورة ، وسوف نقوم فيما على بتصنيف الشروخ حسب مسبباتها تصنيفاً يسرى على المنشآت التى تصب في المواقع أو سابقة الصب وسوف نركز بالتحديد على خطورة الشروخ في خرسانة المنشآت سابقة التجهيز .

١ - شروخ غير إنشائية (لأسباب غير إنشائية) :

(أ) المبوط أثناء الصب وأثناء التصلد :

قد تعوق أسياخ الحديد ووصلات الشدات حركة الخرسانة حديثة الصب عندما تبدأ في التصلد ، كما تعوقها أيضاً أثناء الصب والمز ويتج عن ذلك شروخ قد تصل في بعض الحالات إلى التسليح وتصبح خطورة ولكن غالباً ما تكون هذه الشروخ صغيرة وسطحية .

(ب) شروخ الانكماش اللدن :

وتحدث نتيجة التبخر السريع للماء من سطح الخرسانة وهى لدنة أثناء تصلدها ، وهذا التبخر السريع يتوقف على عوامل كثيرة أهمها درجة الحرارة وسرعة الريح ، كما أن جفاف الريح وأشعة الشمس المباشرة تعجل معدل التبخر أعلى من معدل طفو

أكبر من العناصر المكونة له ولتحدد النتائج سوف يفجر الشروخ ويؤدي لسقوط أجزاء الخرسانة المتبقية .

وقد يظهر خلل كيميائي نتيجة اختيار نوعية حبيبات (زلط) غير ملائمة ، فإن التغيرات والمخرجات التي تظهر بالسطح الخرساني تعني أن الحبيبات المعزولة تفتت .

٣ - الشروخ الإنشائية :

تعرض الخرسانة المسلحة لإجهادات الشد عند تحميل المنشأ ، ولذلك تحدث شروخ في الكمرات (وهذا طبيعي) في الجانب المعرض للشد تحت تأثير عزم الانحناء .

فإذا كان التسليح المستخدم موزعاً بالشكل الملائم (تفريد الحديد) وكانت الخرسانة جيدة النوعية فإن هذه الشروخ تكون دقيقة بالقدر الكافي لتجنب تآكل الحديد .

وعوضاً تحير هذه الشروخ مقبولة إذا كان سمكها ٢،٥ مم (أو) في حالات قاسية مثل المنشآت المتاخمة لساحل البحر) وقد أثبت التجارب أن التآكل والصدأ يتزايد بسرعة فقط عندما يزيد سمك الشرح عن ٤،٥ مم .

وقد تظهر بعض الشروخ نتيجة لإجهادات القص وإن كانت نادرة وتكون شروخاً قطرية (مائلة) في اتجاه أسياخ التسليح (التكسيع) وتحدث بسبب عيوب في ترابط أسياخ الحديد ذات القطر الكبير مع الخرسانة خاصة إذا كان غطاء الحديد قليل السمك أو إذا كان جنش الأسياخ قصير مما يؤدي إلى ضعف الربط بين أسياخ الحديد والخرسانة وإذا كانت هذه الشروخ معقولة في الحدود المسموح بها وتشير إلى سلوك طبيعي للمنشأ فلا خطر منها ولكن في بعض الحالات تكون هذه الشروخ ظاهرة بدرجة تشكل خطراً مثل :

— شروخ عزم الانحناء أو القص التي يزداد اتساعها بصفة مستمرة .

— شروخ تحدث في أجزاء الخرسانة المعرضة للضغط وهذا ينه إلى أن هناك سلوكاً غير عادي يحدث في المنشأ .

— تفتت الخرسانة في مناطق الضغط (الأعمدة أو الكمرات أو البلاطات في الجانب المعرض للضغط) وهذه الحالة من أقصى درجات الخطورة بالمنشأ .

وعند حدوث مثل هذه الأنواع من الشروخ فقد يكون من الضروري عمل تدعيم للمنشأ وتزال الأحمال فوراً وبعد ذلك تدرس أساس ومصدر الخلل بالمنشأ وتبدأ في حل مشكلة تقوية المنشأ وكيفية معالجة الشروخ إذ يكون ذلك هو الاعتبار الوحيد أمامنا .

وقد يكون سبب الخلل زيادة في الأحمال على المنشأ أو

وتحدث الشروخ أيضاً إذا حدث اختلاف كبير في درجة الحرارة بين وجهي بلاطة أو كمر ، وهذا التأثير نادر الحدوث في المنشآت السكنية ، ولكن قد يحدث في منشآت معينة مثل حوائط الخزانات وفي حالات خاصة عندما يكون السائل المخزون داخل الخزان ساخناً أو بارداً جداً .

كما تحدث إجهادات بالمنشأ نتيجة اختلاف درجة الحرارة بين أجزائه المختلفة ، فإن أطراف الواجهة مثلاً تتعرض لأشعة الشمس المباشرة فتتمدد بينما تظل درجة حرارة باقي المنشأ منخفضة فتتجعد عن ذلك ظهور شروخ قطرية من الزوايا في أرضيات المنشآت الطويلة جداً أو للنتية جداً ، وهناك أنواع أخرى من الشروخ قد تحدث تحت هذا التأثير وبخاصة مع حدوث الضوضاء والاهتزازات وتقلل الشروخ الناتجة من الانكماش و فرق درجات الحرارة من متانة المنشأ وهذا يعني أن الإجهادات لا تزايد بعد حدوث الشروخ .

٤ - شروخ نتيجة التآكل :

هناك نوعان رئيسيان من العيوب تساعد على تزايد تأثير عوامل التعرية على المنشأ الخرساني .

(أ) تآكل حديد التسليح :

ينمو الصدأ ويتزايد حول حديد التسليح متجهاً شروخاً بامتداد طولها وقد يؤدي ذلك لسقوط الخرسانة كاشفة حديد التسليح (مثل سقوط غطاء الحديد من السطح السفلي للأسقف الخرسانية) وتساعد كلوريدات الكالسيوم المتواجدة بالخرسانة على ظهور هذا العيب (في بعض الحالات يضاف للخلطة الخرسانية إضافات بها كلوريدات كالسيوم بهدف إسرار الشك) كما تساعد الرطوبة في الجو والمسامية العالية بالخرسانة على ظهور هذا العيب أيضاً .

كما أن الرطوبة المتشعبة بالأملح على الحدود الساحلية تحمل بها كلوريد الكالسيوم وبالتالي فإن خطورة تآكل الحديد تصبح كبيرة في هذه الحالة .

إن شروخ تآكل الحديد خطورة على عمر المنشأ وتعمله حيث إنها تقلل مساحة الحديد في القطاع الخرساني وهذه الظاهرة خطيرة بصفة خاصة في الخرسانة سابقة الإجهاد ، فقد تسبب تنوعات التآكل الصغيرة في انهيار الأعصاب والأوتار سابقة الإجهاد .

(ب) نحر الخرسانة :

هناك تفاعلات كيميائية تؤدي إلى تفتت الخرسانة ، والحالة الأكثر شيوعاً هي تكوين الـ *Ettringite* نتيجة اتحاد الكبريت مع ألومينات الأسمنت في وجود الماء ، والملح الناتج ذات حجم

التسليح غير كافٍ أو نوعية الخرسانة رديئة أو هبوط في التربة ..
الحا .

ونحن لا نضع في الاعتبار هنا التشعشع أو الشروخ الكبيرة
الناتجة عن سوء الصنعة .

ثانياً - صيانة وترميم المنشآت :

١ - مراقبة الشروخ :

ويجب أن يصمم حديد التسليح ويختار تفريده بطريقة تجعل
اتساع الشروخ غير خطير وغالباً ما يكون وضع حديد إضافي
غير المحسوب إنشائياً ضرورياً (مثل حديد التسليح القفري
« المكسح » ويكون عمودياً على اتجاه الشروخ المتوقعة في زوايا
البنى .

وعموماً فإن التصميم الجيد والتنفيذ الجيد يعطينا أفضل تحكم
في الشروخ .

وتعالج الشروخ الشعرية الغير إنشائية (مثل شروخ
الانكماش اللدن) بتنظيف السطح بالفرش السلك ثم دهن
الشروخ بطبقات بروية حقن أسمتية لاصقة ، وإذا كانت
الخرسانة ظاهرة وتعمل كعلايات فمن المفيد استخدام طبقات
عازلة زعفرية وإن كان من غير الممكن عملياً محاولة الاحتفاظ
بمظهر الخرسانة الأولى قبل الدعان فضلاً عن تكاليف الباهظة .

وعندما تكون الشروخ الشعرية عميقة وعمودية على اتجاه
قوى الضغط في المنشأ فمن الضروري حقن هذه الشروخ بعناية
باستخدام المنتجات التي تتصلب حرارياً - Thermohardening
Resins كما سيأتي شرحه فيما بعد ، ومن الضروري إذا اختير
منتج منخفض اللزوجة .

(ب) الشروخ العريضة :

عندما يكون عرض الشرخ كبيراً وعميقاً داخل الخرسانة
بحيث يعمل للتسليح فيجب معالجتها لتجنب تآكل الحديد أما
إذا حدث هذا التآكل في الحديد فعلاً فيجب إزالة الغطاء
الخرساني المغلف للحديد ثم تنظيف أسياخ الحديد واستبدال
الغطاء الخرساني المزال بخرسانة جيدة كغطاء للحديد (من المهم
في هذه الحالة استخدام الراتنجات الغروية اللاصقة وشبك
الحديد الممدد والترميم بخرسانة عالية القوة بالدفع بالهواء
مستخدمين مدفع الأسمنت (Cement gun) .

والشروخ الناتجة عن تمدد الخرسانة غالباً ما تتميز باحتوائها
على نسبة كبريتات عالية وقد يكون من الضروري في هذه الحالة
إزالة الخرسانة المتبعية وتغييرها .

وإذا كانت الشروخ ناتجة عن أسباب ميكانيكية (مثل زيادة
الأحمال أو نقص التسليح أو استخدام خرسانة فقيرة أو هبوط
التربة فيجب أن نتأكد من السيطرة على هذه الأسباب قبل البدء

في المهم ملاحظة الشروخ عندما تظهر بالمنشأ الخرساني فيجب
اختيار السمك والطول وعمق الشرخ (أى هل يمتد الشرخ
مباشرة خلال الجزء الخرساني) .

ومن المهم ملاحظة ما إذا كان الشرخ يتسع بمرور الوقت
أم لا . وهناك طرق كثيرة تستخدم للدراسة ذلك (مثل
استخدام بقع الجبس فوق الشروخ ومتابعة حدوث الشرخ في
الجبس أو باستخدام جهاز يقيس العرض بين كرتين من الحديد
مثبتان على جانبي الشرخ) .

يجب قياس تشويه أو انثناء عناصر المنشأ التي تخدث الشروخ
الإنشائية باستخدام نقط المناسيب المعروفة كمرجع للقياس (من
الضروري معرفة الهبوط النهائي للأساسات) .

بالملاحظة وأخذ القرارات المختلفة سوف تقودنا لمعرفة نوع
الشروخ من حيث أسبابها . وغالباً ما تؤثر عدة أسباب في وقت
واحد (الانكماش واختلاف درجات الحرارة غالباً تؤثر بنفس
الأسلوب) .

من الممكن الآن اقتراح طريقة للعلاج (الترميم) لتقوية
المنشأ مثلاً أو الحقن للشروخ .. وهكذا .

٢ - معالجة الشروخ وترميم المنشأ :

(أ) الشروخ الشعرية الغير إنشائية (الناتجة عن أسباب غير
إنشائية) :

من المفروض في هذه الحالة أن الخرسانة جيدة النوعية وأن
الشروخ دقيقة ولا تمثل خطورة على استمرارية تحمل التسليح ..
فإذا تم معالجة الشروخ وكانت ناتجة عن سلوك طبيعي للمبنى
كما في حالة الوصلات بين الوحدات سابقة الصب فعلى المصمم
أن يأخذ هذه الشروخ في الاعتبار وخاصة الوصلات الرأسية
والأفقية بوجه البنى فيجب معالجتها بعناية لتجنب الأضرار التي
تتجم عن هذه الشروخ (مثل تسرب المياه خلال هذه
الشروخ) .

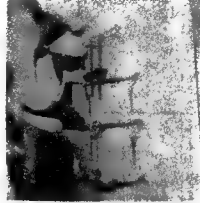
وبالتالي يجب أن نتوقع ذلك في كسوات الحوائط الداخلية
وعادة يتم إجراء اختبارات معملية على وصلات مشروخة

فقد يكون من الضروري إزالة وتغيير الخرسانة المعيبة لتضيق طبقة من الخرسانة الجديدة على بلاطة مثلاً (ربط الخرسانة القديمة بالخرسانة الجديدة) نحصل عليه باستخدام طبقة دهان خاصة من مادة غروية مطاطة Styrene Butadiene Latex أو باستخدام إيبوكسي لاصق Epoxy Glues .

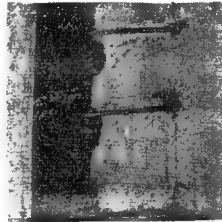
وقد يكون من الضروري وضع أسياخ حديد تسليح إضافية في مجارى أو ثقوب مغفورة لها في الخرسانة القديمة (لزور الحديد باستخدام مونة أيبوكسية لاصقة) كما قد يلزم لصق (باستخدام الأيبوكسي الغروي) (Epoxy - Glues) مع وضع ألواح حديد على الوجه السفلى أو الجانبى للعنصر الخرسانى ، وعندما تقرر حقن الشروخ فيجب العناية باختيار المنتج اللزج الذى سنستخدمه وفقاً لترتيب وتوزيع الشروخ ووفقاً لتتائج عملية الحقن .

إذا كانت الشروخ نشطة ويغير عرضها نتيجة التغيرات الحرارية فلا بد أن نتأكد من عدم ظهور تأثير إجهادات الشد وشروخ جديدة بعد ملء الشروخ ، وكما شرحنا سابقاً فإن الشروخ تقلل من الصلابة وبالتالي تتأثر الإجهادات الناتجة عن تشويه الأبعاد الهندسية بالحرارة ، فإذا تم ملء الشروخ بمنتج صلب فإن ذلك يؤدي إلى ظهور الشروخ مرة أخرى في مرحلة التصلد الأولية ، ولذلك وجب ملء الشروخ بالمواد الراتنجية المرنة أو تخليق فواصل تمدد .

في ترميم المبني خاصة إذا كانت هذه الشروخ مستمرة في الزيادة .



طريقة التخريم لتثبيت الاشواير بالخرسانة القديمة بمادة الايبوكسي



منظر الاشواير بعد تثبيتها وربطها بالحديد لصب خرسانة جديدة بجوار القديمة

الفصل الرابع

أولاً

تصنيف الشروع الذاتية في الحراسة المسلحة

جدول يبين تصنيفاً مبسطاً للأنواع الرئيسية للشروع

نوع أو سبب التثقل	التمييز الحولي نظر	التقسيم فرعى	أكبر المواقع حيوعاً	السبب الرئيسي	عوامل ثانوية	العلاج	لمزيد من التفاصيل انظر البند	زمن ظهور التثقلات
انكماش الخرسانة وهي لدنة	أ	مائلة قطرية	الطرق والبلاطات الأرضية	جفاف سريع مبكر	معدل النزف منخفض	العناية بالاهتمام بالمعالجة المبكرة	رقم (١)	من ٣٠ دقيقة إلى ٦ ساعات
	ب	عشوائية	بلاطات خرسانية مسلحة					
	ج	فوق التسليح	بلاطات خرسانية مسلحة	مثل سابقه + قرب التسليح من السطح				
هبوط الخرسانة وهي لدنة	د	فوق التسليح	القطاعات العميقة	نزف زائد	جفاف مبكر وسريع	تقليل النزف أو إعادة الدمك	رقم (٢)	من ١٠ دقائق إلى ٦ ساعات
	هـ	مقوسة	أعلا الأعمدة					
	و	عند التغير في العمق	بلاطات ذات أعصاب					
تقلص حراري مبكر	ز	بسبب الإعاقة الخارجية للحركة	جدران سميكة	تولد حرارة إمامة زائدة	برودة سريعة	تقليل الحرارة المتولدة من الإمامة أو استعمال العزل	رقم (٣)	من يوم إلى أسبوعين أو ثلاثة
	ح	سبب الإعاقة الداخلية للحركة	بلاطات سميكة	فرق كبير في درجة الحرارة بين السطح والداعل				

نوع أو سبب التضرر	الجزء المتضرر	تقسيم فرعي	أكثر المواقف شيوعاً	السبب الرئيسي	عوامل ثانوية	المعالجة	لزيادة من التفاصيل النظر البند	زمن ظهور التشققات
انكماش ناتج عن الجفاف طويل الأمد	ط		بلاطات وجدران صغرة السمك	فواصل غير فعالة	انكماش زائد ومعالجة غير فعالة	تقليل كمية الماء في الخلطة والمعالجة بالمعالجة	رقم (٤)	بعد عدة أسابيع أو شهور
تشققات سرطانية Cracking	ي	ملامسة للشدة	خرسانة ذات سطح ناعم	شدة غير متفردة للماء	خططات غنية بالأجمنت ومعالجة سيئة	العناية بالمعالجة والإنهاء (التشطيب)	رقم (٥)	من يوم إلى سبعة أيام وأحياناً أكثر بكثير
	ك	خرسانة مصقولة بالملامسة (المسطرين)	بلاطات	مصل زائد بالملامسة				
تآكل صلب التسليح (الصدأ)	ل	طبيعي	أعمدة وجسور	التغطاء الخرساني أقل من المطلوب	خرسانة ذات نوعية سيئة	تفادي الأسباب	رقم (٦)	أكثر من سنتين
	م	كلوريدات كالسيوم	خرسانة الوحدات الجاهزة	كلوريدات كالسيوم زائد				
تفاعل قلوي للركام	ن		مواقع ذات رطوبة عالية	ركام متفاعل وأجمنت يحتوي على نسبة عالية من المواد القلوية		تفادي الأسباب	رقم (٧)	بعد أكثر من خمس سنوات

هذا الجدول لا يشمل جميع أنواع الشروخ من البند رقم ٨ حتى البند رقم ٢٤ والرسم التالي يبين الرموز الخاصة بهذا الجدول

ثانياً شرح لأسباب الشروخ وعلاجها

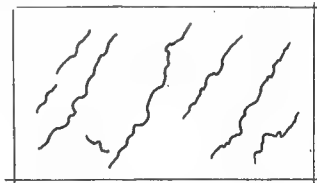
الشروخ الذاتية : Intrinsic cracks

١ - شروخ الانكماش اللدن : Plastic shrinkage

تحدث تشققات الانكماش للخرسانة الطازجة في السطح العلوى للخرسانة الأسقف أو العناصر الأخرى التي لها مساحات كبيرة عند تعرضها لمعدل عال من بخر المياه سطح الخرسانة نتيجة ارتفاع درجة الحرارة أو تعرض الأسطح لتيارات هوائية شديدة وتحدث التشققات بعد الصب مباشرة وقبل المعالجة حيث يكون معدل تبخر الماء أعلى من معدل خروج مياه الزف من الخرسانة مما يسبب انكماش الطبقة العليا من سطح الخرسانة وينتج من ذلك إجهادات شد تؤدي إلى التشققات في جميع الاتجاهات كما أن وقف المعالجة مبكراً أو عدم الاهتمام بها يؤدي إلى انكماش كبير في وقت تكون فيه الخرسانة ضعيفة المقاومة .

وتأخذ الأشكال التالية :

(١) شروخ مائلة بدرجة ٤٥° من أطراف البلاطة ويتراوح بعدها عن بعضها من ٣٠ سم إلى مترين كما في الشكل التالى .



شروخ مائلة على زاوية ٤٥° من أطراف البلاطة

٢) شروخ على شكل غير منتظم

(٣) شروخ تتبع حديد التسليح وبعض الخصائص المصطنعة وتظهر هذه الشروخ عندما لا تتخذ أى احتياطات وقائية عند صب الخرسانة بالأجواء الحارة والتي تهب عليها الرياح مثل :
(أ) استعمال المواد الإضافية المخفضة للماء المؤخرة للتصلد والتي تؤدي إلى خفض نسبة الماء إلى الأسمنت وفى الوقت نفسه تزيد قابلية الخرسانة للتشغيل .

(ب) عمل مصدات لتقليل سرعة الرياح على الخرسانة أى تقليل من بخر الماء من الخرسانة .

(ج) تأجيل الدمك التام للخرسانة وتسوية السطح بعد

مدة تتراوح بين ربع ساعة ونصف ساعة .

(د) وضع الجبس وتغطيته بالماء في دورات متقاربة .

(هـ) تغطية سطح الخرسانة بغطاء من البلاستيك لمنع الهواء من تبخر المياه من سطح الخرسانة .

(و) عمل مظلات لتفادى التأثير المباشر للشمس .

العلاج :

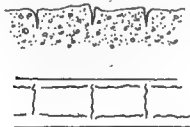
(أ) عمل مونة أسمنتية سائلة غير قابلة للانكماش لملاء التشققات بها .

(ب) ثم الحقن بالأسمنت (Crouting) للتشققات العريضة .

٢ - شروخ الهبوط اللدن : Plastic Settlement

تحدث عندما تكون هناك نسبة عالية من الزف والهبوط وذلك بعد انتهاء عمليات الصب والدمك والإنهاء ، حيث تستمر زيادة كثافة الخرسانة (دمكها) ذاتياً طالما هي في الحالة اللدنة ، وعندما تماق هذه الحركة أو تكون مقيدة بواسطة التسليح الثابت غير المتحرك أو الشدة ونحوها تؤدي إلى تكون فجوات و / أو شروخ مجاورة للعناصر الحية للحركة ، وتتلخص أسباب الهبوط اللدن في التالى :

(أ) شقوق تتكون فوق قضبان التسليح الثابت غير المتحرك (على العكس من الشبك التي تسمح بالحركة) بالقرب من سطح القطاع كما في الشكل التالى ..



صبرك لدرء بسبب إعاقة التسليح للحركة

ويزداد احتمال حدوث تشققات الهبوط اللدن مع زيادة قطر أسياخ التسليح وزيادة كمية الماء في الخلطة ونقص الغطاء الحرساني، كما يمكن أن تزداد هذه التشققات في حالة الدمك والتكثيف غير الجيد للخرسانة، وعندما يتسرب جزء من ماء الخلطة من خلال الشدات.

الاحتياطات الواجب اتباعها في تفادي الهبوط اللدن:

- (أ) التصميم الصحيح للشدات والدقة في تركيبها.
- (ب) الدمك المناسب والجيد.
- (ج) إعادة الدمك (المز).
- (د) ترك وقت كاف بين صب الخرسانة في الأعمدة وصبيها في البلاطات والكمرات.
- (هـ) استعمال خرسانة قابلتها للتشغيل أقل (هبوط أقل ما يمكن lowest slump).

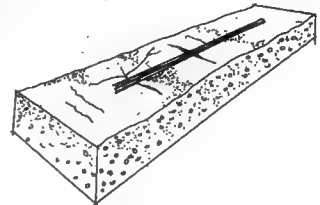
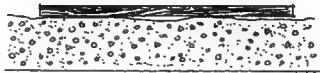
- (و) زيادة الغطاء الحرساني فوق التسليح.
- (ز) أسياخ تسليح ذات قطر أقل.
- (ح) اتخاذ العوامل المساعدة على التقليل من ظاهرة النزف (مثل اختيار خلطة ذات قوام منخفض، زيادة كمية المواد الناعمة، استخدام المواد الإضافية الحابسة للهواء (air entraining admixtures)، التقليل من إعاقة الحركة قدر المستطاع.
- (ط) لضمان عدم تحرك الشدة الحشوية تنفذ طبقاً للخطوات التالية.

(١) توضع فرشاة على الأرض من ألواح البوتني أو الموسكي سلك ٢ أو العروق الفللولي بقطاعات لا تقل عن ٤ × ٤ تحت أقدام القوائم.

(٢) تقام القوائم من العروق الفللولي بقطاعات ٣ × ٤ أو ٤ × ٤ أو ٤ × ٥ أو ٤ × ٦ بوصة تبعاً للأحمال والأثقال الواقعة عليها وعلى مسافات تتراوح من ٠,٧٠ إلى ١,٠٠ متر من المحور للمحور.

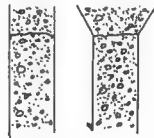
(٣) تثبت القوائم بشدات أفقية في الاتجاهين على ارتفاع ٢ متر من سطح الأرض بواسطة قنطوط وهذه الشدات تعمل على مدادات خشب سويد قطر ٢ × ٤ بوصة أو عروق قطاع ٣ × ٣ بوصة.

(٤) عند رؤوس هذه القوائم تثبت العروق بمدادات من الخشب السويد بقطاع ٢ × ٤، ٤ × ٥، أو ٦ × ٦ بوصة بواسطة القنطوط وتوضع عليها التطاريع على بطنها من مدادات خشب سويد قطاع ٢ × ٤ أو ٢ × ٦ بوصة وتثبت التطاريع بالمسامير على المدادات بحيث لا تزيد المسافة عن ٥٠ سم من محور التطاريع.



صوبو لدنه في الجدران العميقة

(ب) شقوق تتكون في الأعمدة والمواطئ النحيفة، ويقاوم الهبوط في هذه الحالة عن طريق ما يسمى بظاهرة القوس (arching) أي أن المادة تحاول بناء شكل القوس أو العقد حتى لا تهبط بكاملها، وإنما يهبط الجزء السفلي ويبقى العلوي مكانه معلقاً على هيئة قوس أو عقد عند كل عائق للحركة، كما أنه من الممكن أن تحدث هذه الشقوق في الأعمدة الدائرية كما في الشكل التالي.



صوبو لدنه في الدعائم في الدعائم الدائرية

(ج) شقوق تنشأ عند تغير عمق القطاع وبصورة خاصة في البلاطات الجوفية وذات الأعصاب through and waffle slabs.



هبوط لدنه عند تغيير الارتفاع

ليست مادة واحدة ولكنها مادة مركبة أو جملة مواد جمعت إلى بعضها البعض فأعطت شيئاً جديداً ، ويجب إجراء توازن واختيار جيد بين كل المكونات من الحديد والرمل والزلط والأسمنت والماء حتى يحصل للمهندس الإنشائي على الخصائص والمواصفات الفنية ومن ناحية أخرى فإن الأسمنت - المادة اللاصقة - في الخرسانة وبين الحديد يشكل في حد ذاته خطراً على حديد التسليح في المرحلة الأولى المقدرة بحوالي ٢٨ يوماً ، وكثيراً ما يسبب صيداً الحديد أو اتساع سطحه في إضعاف قوى الربط ، والمثير للدهشة اعتقاد الكثيرين بأن حديد التسليح معزول عن الصدا ، أو بمعنى أصح وأدق ، عوامل الصدا لا تؤثر داخل الكتلة الخرسانية ، والحقيقة تكاد تثبت عكس هذه النظرية تماماً ، لكن حتى يتضح الأمر على حقيقته يجب دراسة مكونات الخرسانة بالتفصيل الجيد حتى يمكننا التعرف على جميع هذه الخصائص كي نتلافى أي أخطار من تلك الخصائص .

الاحتكاكات الواجب اتخاذها لمنع حدوث هذه التشققات :
(أ) تخفيض درجة الحرارة الداخلية للخرسانة ، أو خفض الفرق بينها وبين حرارة السطح (العزل الجيد لكامل القطاع ، التحكم في معدل التبريد) .

(ب) اختيار نوع من الركام له معامل تمدد حراري منخفض (الحجر الجيري يفضل في هذه الحالة عن البازلت) .

(ج) زيادة نسبة التسليح الخاص بمقاومة التقلصات الحرارية (اختيار قضبان ذات أقطار صغيرة وذات تنوعات) وخفض الغطاء الخرساني إلى الحد الأدنى الذي يفى بالمتطلبات الأخرى .

(د) توفير فواصل حركة كافية ومناسبة وخفض الزمن بين صب الأجزاء الخرسانية المتجاورة إلى الحد الأدنى .

٤ - شروح الانكماش الناتج عن الجفاف :

Long - term drying shrinkage

شروح الانكماش بالنسبة للأعضاء الخرسانية فعادة تظهر شعيرة بامتداد حديد التسليح وتظهر قبل تحميل العضو الخرساني سواء بلاط أو كمر أو عمود . وعادة يكون لها تأثير مباشر في تكوين الشروح التي تظهر بعد تحميل العضو .

وتظهر أول شروح الانكماش عادة في أضعف مقطع للعضو الخرساني ويكون هذا الضعف نتيجة عدم كفاءة الحساب الإنشائي أو المواد المستخدمة في الخلطة الخرسانية .

ومن حسن الحظ في بعض الحالات يقابل التأثير الكبير الخاص بالانكماش التأثير الخاص بالزحف مما يقلل من خطورة شروح الانكماش . وقد تظهر شروح الانكماش كفاصل بين

٢ يوم للألواح الجانبية للأعمدة وجوانب الكمرات والطبقات .

١٣ يوماً للبلطات والكمرات والأعتاب التي لا يزيد بحرها عن ٤,٠٠ متر .

١٥ يوماً للبلطات والكمرات والأعتاب التي يزيد بحرها عن ٤,٠٠ متر .

وإلى حالة استعمال الأسمنت مبكر القوى (سريع التصلب) تنخفض مدة الكمرات والبلطات والأعتاب إلى ثمانية أيام مع ملاحظة رش الخرسانة يومياً مرات كافية لبقائها ممتدة دوماً بالمياه لمدة لا تقل عن أسبوعين في حالة الأسمنت العادي وأسبوع في حالة استعمال أسمنت سريع التصلب .

٣ - شروح التقلص الحراري المبكر : Early thermal contraction

تتولد أثناء الشك والتصلد المبكر حرارة ناتجة من التفاعل الكيميائي بين الأسمنت والماء وغالباً ما تتولد كمية كبيرة من الحرارة وترتفع درجة حرارة الخرسانة عن درجة حرارة الجو المحيط وخاصة في العناصر الضخمة .

وبعد أيام قليلة (٧ - ١٤ يوماً) يهبط معدل تولد الحرارة إلى أقل من معدل فقدانها (لانخفاض درجة التفاعل) فتتخفض درجة حرارة الخرسانة إلى درجة حرارة الجو المحيط وخلال هذه التغيرات التي تطرأ على درجة حرارة الخرسانة تتعاقب حركة التقلص الناتج من انخفاض درجة حرارتها (برودتها) وتتولد نتيجة لذلك إجهادات شد تسبب التشققات .

وتتناسب هذه الإجهادات مع مقدار التغير في درجة الحرارة ، ومعامل التمدد الحراري ، ومعامل المرونة ، ودرجة إعاقلة الحركة ، وتكون إعاقلة الحركة إما باختلاف درجة الحرارة بين السطح والداخل . خاصة في الأعضاء التي لها سمك كبير (إعاقلة داخلية) ، أو عندما تصب خرسانة حديثة بجانب خرسانة قد سبق صبها منذ فترة ولم تكن هناك فواصل تمدد كافية للسماح بحركة التقلص الناتجة .

ويمكن التمييز بين شقوق التقلص الحراري وشقوق الانكماش التي يسببها الجفاف الطويل الأمد لأن الأولى تظهر عادة في الأسبوعين الأولين من صب الخرسانة بينما تظهر شقوق الانكماش بعد عدة أسابيع أو شهور .

وقبل أن نتعرض للاحتكاكات الواجب اتخاذها لمنع هذه التشققات يجب معرفة ماهية الخرسانة المسلحة .

من المعروف جيداً أن الخرسانة المسلحة تتمتع بمقدرة عظيمة على تحمل الضغوط لكنها مادة ضعيفة حيال الشد ، والخرسانة

ويمكن أيضاً التخفيف من احتمال ظهور الانكماش الناتج عن الجفاف باتباع الآتي :

- (أ) استعمال أقصى كمية عملية ممكنة من الركام وأقل كمية من ماء الخلطة تسمح بها ظروف التنفيذ .
- (ب) اختيار نوع جيد من الركام وأكبر مقاس اعتياري ممكن .
- (ج) الاهتمام بالمعالجة وخاصة للمساحات الكبيرة والمكشوفة (زيادة مقاومة الشد) .
- (د) إزالة الإعاقة الخارجية للحركة أو تخفيفها قدر المستطاع .

• - الشروخ الشبكية : Grazing (شروخ سرطان)

تعتبر هذه الشروخ نوعاً من أنواع الانكماش الجاف حل صورة مصفرة ، فهي تنتج عن إجهادات الشد التي يتعرض لها السطح كما في الشكل التالي وتحدث عادة عندما تكون هناك فروق واضحة في كمية الماء السطحية عن تلك المتوفرة في الطبقة الأدنى منها (الداخلية) وهي غير مرتبطة بالزمن (تقدم عمر الخرسانة) أو بالمساحة المعرضة للهواء وإنما ترتبط بالظروف الحرجة التي تؤدي إلى أحد العوامل الآتية :

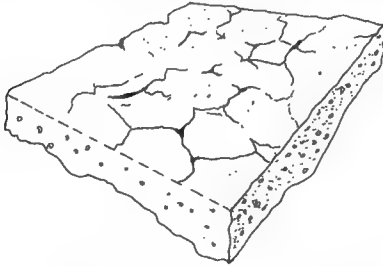
الأعضاء الخرسانية وبين المباني الطوب نظراً لاختلاف معامل التمدد الحراري بينهما .

شروخ الانكماش الناتج من الجفاف



الاحتياجات الواجب اتخاذها لتقليل من حدوث شروخ الانكماش الناتج عن الجفاف :

- (أ) توفير التسليح المناسب .
- (ب) توفير الفواصل الكافية إتجاه الأشكال المخططة للحركة .
- (ج) التصميم والتنفيذ طبقاً لأحدث أنظمة البناء .



شروخ سرطانية بسبب الانكماش اللدونة الناتج من الجفاف

الأسمنت تطفو على السطح . كما يجب مراعاة تراكب الزلزل الداخل من الخرسانة حول التسليح أو القرم منعاً من تعشيش الخرسانة أو وجود فراغات حول التسليح تضر بسلامة المنشآت .

- (د) عند توقف الصب لمدة قصيرة لأي سبب يجب عدم ترك ما تم صبه قبل الطبقة التالية لمدة تزيد على نصف ساعة أو لمدة لا تزيد على المدة اللازمة للشك الابتدائي للأسمنت الداخل في تكوين الخرسانة على الأكثر كما يجب أن يزال ما يظهر

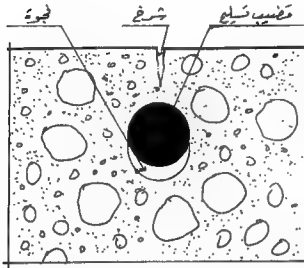
(أ) معدل تدرج عالي في تركيز الرطوبة .
(ب) عدم تجانس مكونات الخرسانة بالقرب من السطح المكشوف .

(ج) يجب عند نقل الخرسانة ووضعها في أماكنها أن يتجنب كل ما من شأنه انفصال جزئياتها .

ولكن معلوماً أن إطالة مدة الدمك عن اللازم تسبب انفصالاً في حبيبات الخرسانة وتجعل كميات كبيرة من لباني

من مياه على سطح لحام الخرسانة قبل معاودة صب الخرسانة ثانية .

هـ) تحفظ الخرسانة رطبة باستمرار اجلاء من وقت تصد السطح بدرجة كافية لا تقل عن سبعة أيام وذلك عند استعمال الأسمنت البورتلاندى العادى ، ولمدة ثلاثة أيام عند استعمال الأسمنت البورتلاندى سريع التصلد ، ويتم رش الخرسانة جيداً بالماء أو بتغطية السطح بقماش نسيج الجوت الخيش أو قش الأرز مع حفظها في حالة رطبة بالرش المستمر لمدة خمسة عشر يوماً .



شكل يصيب وجود شخف نتيجة صدأ حديد التسليح .

أولاً : صلب التسليح : ويصنع هذا النوع من الحديد بإحدى طريقتين :

الأولى : صهر الحديد المفردة وضبط مكوناته ببعض الإضافات عليه أثناء الصهر ، أو بالطريقة الثانية والتي تخلص في اختزال خامات الحديد داخل الأفران العالية باستخدام فحم الكوك والحجر الجيري ، ويتطلب الاختزال بذل طاقة حرارية عالية تناهز ٤٧ مليون جول للطن الواحد ومعنى استخدام حرارة عالية للاختزال أن معدن الحديد المتكون أجبر على التواجد في منطقة طاقة عالية أو منطقة نشطة ولذا فالعند غير مستمر ويمل سرياً إلى الانتقال إلى منطقة أقل ، ولهذا يتجه الحديد بسرعة ناحية تكوين أكاسيد الحديد مثيلة تلك الأكاسيد المتوافرة عنه في الطبيعة وتسمى عملية الانتقال من مستوى طاقة أعلى إلى المستوى الأدنى بالتآكل والتحر . ويتطلب الحديد لإتمام الانتقال توافر قدر معقول من الرطوبة .

ثانياً : ميكانيكية التأكسد : التأكسد عبارة عن عملية كهروكيميائية تحدث نتيجة للأسباب التالية :

(١) مرور تيار كهربائي مباشر نتيجة حدوث تسرب أو التماس كهربائي مسبباً التأكسد .

من مياه على سطح لحام الخرسانة قبل معاودة صب الخرسانة ثانية .

هـ) تحفظ الخرسانة رطبة باستمرار اجلاء من وقت تصد السطح بدرجة كافية لا تقل عن سبعة أيام وذلك عند استعمال الأسمنت البورتلاندى العادى ، ولمدة ثلاثة أيام عند استعمال الأسمنت البورتلاندى سريع التصلد ، ويتم رش الخرسانة جيداً بالماء أو بتغطية السطح بقماش نسيج الجوت الخيش أو قش الأرز مع حفظها في حالة رطبة بالرش المستمر لمدة خمسة عشر يوماً .

أسباب ظهور التشققات الشبكية :

أ) الظروف المناخية القاسية وعلى وجه الخصوص انخفاض الرطوبة النسبية .

ب) الشدة غير المنفذة والبابعة (البلاستيكية ، الحديدية) .

جـ) الخلطة الغنية بالأسمنت والخلطات السائلة .

د) الهز الزائد عن المطلوب (يؤدي إلى طبقة سطحية ناعمة وغنية بالماء) .

هـ) الإنهاء (التشطيب) المباليغ فيه .

و) المعالجة غير الفعالة (جفاف / رطوبة) .

طرق العلاج :

أ) ينصح أحياناً باستعمال طارد للماء من السطح .

ب) إزالة الطبقة المتشققة ألياً أو كيميائياً عندما تكون الناحية الجمالية مهمة مع توقع تنفر في مظهر الخرسانة .

جـ) ويمكن النظر إلى هذه التشققات على أنها طبقة رقيقة من سطح الخرسانة تضرر بحيث تصبح كقشرة رقيقة يمكن إزالتها . وتكون الطبقة التي تليها ذات قوة أفضل ومتانة أكبر . ولهذا فغالباً ما تكون هذه التشققات ذاتية الالتئام ولا تؤدي إلى مشكلات في قوة التحمل لا في حالة الخرسانة للمرضة للمرى (abrasion) .

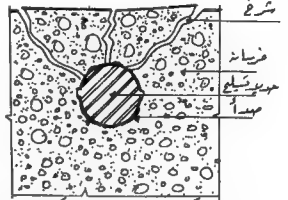
٦ - شروخ بسبب تآكل التسليح :

Corrosion of reinforcement.

تعرض المنشآت الخرسانية أثناء وبعد الانتهاء من تشييدها لعوامل بيئية مختلفة تؤثر على متانتها وجسم مظهرها . وقد يحدث هذا التضرر سرياً أو يأخذ وقتاً قبل ظهوره . ويعتبر تأكسد حديد التسليح أحد أسباب تصدع المنشآت الخرسانية خاصة في المناطق الساحلية . بالإضافة إلى ما يسببه التأكسد من ضعف مقاومة حديد التسليح فإنه يسبب تقطعت وتكسر الخرسانة المحيطة به كما في الشكل التالي مما يلحق بالمبنى أضراراً

٢) حدوث فرق في الجهد الكهربائي بين عدة نقاط في الخرسانة المسلحة وذلك نتيجة الرطوبة والأكسجين والمحالول الكيميائي أو نتيجة انقسامها لمواد معدنية أخرى فتسبب عملية التأكسد في حدوث خلايا مركزة ، حيث تصبح منطقة من حديد التسليح موجبة والمنطقة الأخرى سالبة كما في الشكل التالي .

تفتت وتكسير الخرسانة نتيجة لتآكل حديد التسليح

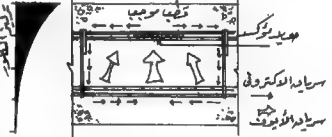


تفتت وتكسير الخرسانة نتيجة لتآكل حديد التسليح

كما أظهرت التجارب الكهروكيميائية وقياسات الجهد الكهربي في الدائرة المفتوحة لحديد تسليح لم يستخدم في عماليل مائية لخلطة الخرسانة للعينات السابقة اتجاه قيم الجهد نحو الاتجاه السالب - إلى قيم وصلت حتى ٦٧٠ مللي فولت - مما يعطي دلالة قاطعة على قابلية حديد التسليح لتآكل في هذه الخرسانة.

ولما كان تآكل حديد التسليح في الخرسانة يتشأ عن تكوين خلايا دقيقة جلفانية على سطحه تختلف مكوناتها وفقاً للوسط المحيط ، فقد أمكن تصور خلية كاثودية تتحرر مسؤولة عن العديد من حالات تآكل حديد التسليح في الخرسانة المسلحة تحت تأثير الأوساط المختلفة في مصر .

ويؤدي تآكل حديد التسليح إلى زيادة حجمه بمقدار حوالي ٢,٢ قدر الحجم الأصلي مما يولد ضغطاً كبيراً داخل الخرسانة تصل إلى حوالي ١٥٥ كجم / سم^٢ مما يؤدي إلى تصدعها .



الخلية الجلفانية المستولة عن العديد من حالات تآكل حديد التسليح في الخرسانة

ميكانيكية تآكل حديد التسليح

حديد تسليح	خرسانة عالية النفاذية + خرسانة كربونية رقم هيدروجيني منخفض + أملاح	خرسانة ضعيفة النفاذية + خرسانة قلوية رقم هيدروجيني مرتفع + أملاح	حديد تسليح
------------	---	---	------------

والقضة والبلاتين رغماً عن اعتباره معدناً أشد نشاطاً وهو نفس السبب الذي جعل مصممي الأوبرا سيدني بأستراليا يربطون البلاطات الخرسانية بمسامير من التيتانيوم ، وهي نفس النظرية التي على أساسها صنع الحديد الإنشائي عديم الدخانات المعروفة باسم حديد كورتن *corten* مانع التآكل والآن انتصحت ميكانيكية الصدأ على وجه بسيط وبقي العلاج ، وهو الذي انتهت إليه بعض الدراسات كالآتي :

جد) حماية حديد التسليح :
قد يأتي الحل بمعرفة طبيعة الداء والمرض ، فتكون المحلول القلوي يساعد الحديد على إتمام تفاعلات سطحية مكوناً أيدروكسيد الحديد الجيلاتيني القوام غير المنفذ وتحيط الأسياخ وتمزعا عن باقي التفاعلات . وطبقة الأكسيد أو الأيدروكسيد هي ذاتها التي تكسب الحديد الذي لا يصدأ خاصية عدم الصدأ وتجعل غاز التيتانيوم يسلك مسلك للمعادن النبيلة كالذهب

هـ - الصلب الغير قابل للصدأ كإداة إنشائية :

ربما كان من الأنسب أن نذكر بإيجاز بعض الخصائص المهمة للصلب الغير قابل للصدأ تستخدم هذه الأنواع من الصلب بكثرة كإداة إنشائية ذات كفاءة عالية وخصوصاً فيما يتعلق بمقاومتها للتآكل بشكل عام . وتتميز الأنواع الأوستنيتية من الصلب بقابلية جيدة للسحب مما يتيح سهولة الحصول على صفائح وأسلاك وقضبان يمكن لحامها .

وأكثر أنواع الصلب الأوستنيتي شيوعاً في الاستخدام هو الصلب المعروف برقم ٣٠٤ والذي يحتوى على ١٨٪ من الكروم و ٨٪ من النيكل والباقي من الحديد مع إضافات بسيطة من الكربون وعناصر أخرى . وعلى هذا النوع من الصلب النوع المعروف برقم ٣١٦ والذي ترتفع فيه نسبة النيكل إلى حوالى ١٠٪ ويضاف إليه حوالى ٣٪ من فلز الموليبدن . وترجع قدرة هذه الأنواع من الصلب على مقاومة التآكل إلى تواجد طبقة رقيقة شفافة من الأكسيد على أسطحها تحميها بكفاءة في الأجواء النظيفة الرطبة . ومع هذه الخواص المميزة إلا أن أنواع الصلب الأوستنيتي قد تتعرض تحت ظروف معينة إلى أنواع مختلفة من التآكل هي :

(١) التآكل العام : **General corrosion** : ويحدث عندما يفقد الصلب طبقة الأكسيد الحامية له وذلك إذا تعرض للمحاليل الحمضية القوية .

(٢) التآكل الصدعي : **Crvice corrosion** : ويتم إذا تغطى جزء من الفلز بمادة عازلة تسمح بوجود طبقة رقيقة من السوائل تحتها . وينتج عن هذا النظام تقمصاً في الأكسوجين تحت الغطاء يولد ما يسمى بخلية الأكسوجين التركيزية **oxygen concentration cell** وهذا النوع من التآكل يحدث غالباً حيث تستخدم الحشائش **gaskets** ولذلك فهو يعرف أيضاً باسم تآكل الحشائش (**gasket corrosion**) .

(٣) التآكل النقري : **Pitting corrosion** : ويحدث بصفة خاصة في وجود تراكيز عالية من أيونات الكلوريد على سطح الفلز تسبب اختراق طبقة الأكسيد في بعض نقاطه الضعيفة وتعامل هذه الأيونات مع السبيكة مباشرة . وتزداد احتمالية هذا التآكل في المحاليل الحامضية عنه في المحاليل المتعادلة أو القلوية .

(٤) التآكل الشرجي الإجهادي (ت ش أ) : **Stress corrosion cracking** : وفيه تنهار السبيكة اللدنة (Ductile) بشكل فجائى نتيجة لتكون شروخ تؤدي إلى تقصيفها . وكما يدل اسم هذا النوع من التآكل يلزم أن يتواجد الفلز في حالة إجهاد ناتج عن الشد أو التواء أو الانحناء . وأيضاً يلزم إلى تواجد عامل خاص

١ - إحكام إحاطة حديد التسليح بطبقة عازلة كثيفة من الخرسانة .

٢ - يزداد عزل الخرسانة طردياً مع زيادة كمية الأمسنت

٣ - تقل نفاذية الخرسانة عند استخدام الحد الأدنى من الماء .

— وهناك اتجاهات تدعو إلى تصنيع القواطع الخرسانية من مواد مسامية خفيفة ، ورغم جودة وخفة الحوائط إلا أنها تعاني بشدة من تسرب الماء والهواء إلى قلب الخرسانة والإحاطة بالحدود والبحر فيه .

— ويقترح بحث مشترك بين مهندس مدنى وزميل كيميائى تغطية الحديد بمواد عازلة غير منفذة مثل البيتومين لكن الاختبارات المخفلة جاءت ضد البحث ووجد أن القطران يؤدي إلى إضعاف قوى الروابط بين عناصر الخرسانة ويجعلها واهية لا تصلح للأعمال الإنشائية .

وهي نتيجة متوقعة تماماً مع نتائج حلقة حديد التسليح وإن كانت أبحاث الخرسانة خاصة في إنشائيات تتآكل بسبب الشروع .

د) الاحيطات الواجب اتخاذها لمقاومة الشروع الناتجة عن تآكل حديد التسليح .

١) تعين نسبة الكلوريدات كيميائياً (كنسبة وزنية لكلوريد الكالسيوم / الأمسنت) .

٢) إذا كانت النسبة في حدود (٠,٥٠ ٪) فهذا يدل على أن الحالة ليست خطيرة ، ويمكن أن يكون السبب عائداً إلى أن الغطاء الخرساني غير كاف أو أن الخرسانة منفذة للماء ، فإذا عرف السبب أمكن إجراء الترميم اللازم لمعالجة هذه الأسباب المؤدية لعملية التآكل .

٣) أما إذا كانت النسبة في حدود (٢٪ - ٤٪) فهذا دليل على أن هناك تركيزاً عالياً للكلوريدات ، ولا بد من معرفة مصدره (إن كان داخلياً من الركام أو من المواد الإضافية مثلاً أو كان خارجياً من الماء أو التربة أو نحو ذلك) ، وقد يكون من الصعب معالجة مثل هذه الحالات ، لأن الكلوريدات تتفاعل أحياناً ببطء حتى في الظروف الجفلة .

٤) ويكون إصلاح الأماكن المضرورة بإزالة كامل الخرسانة المجاورة للشقوق والمغطاة بالتسليح بالتأثر بحيث تزال المنطقة حول التسقيب ، ومن ثم يجري تنظيف الصلب وحمايته بمادة مناسبة (إن أمكن) ثم غلا المنطقة بطبقة من الخرسانة الناعمة أو المونة ويمكن أن يستخدم لذلك أيضاً مادة الإيوكسى .

التآكل في المحاليل الحمضية على تراكيز مناسبة من أيون الكلوريد إذا زادت درجة الحموضة تدريجياً. وقد حصل باحثون آخرون على نتائج مشابهة .

أما الباحثون اليابانيون فقد نجحوا نجاحاً جديداً في بحثهم عن أسباب تعرض الصلب لد (ت ش أ) عند درجات الحرارة العادية . فقد قاموا بدراسة تأثير رطوبة الجو ونوعية ملح الكلوريد على بدء تكون الشرخ في نماذج الصلب ٣٠٤ و ٣١٦ مثبت على هيئة حرف U الإفريجي وقد تمت الدراسة بوضع الأملاح المختلفة على الجزء المجهد من العينات، وتمريضها لدرجات مختلفة من الرطوبة . وأظهرت الدراسة أن أملاح الماغنسيوم والكالسيوم والخارصين ، وأيضاً ماء البحر المصغرى Synthetic seawater تؤدي إلى حدوث الد (ت ش أ) .

كما سبق عرضه من البحوث المنشورة في هذا المجال يبين لنا أن: أ) هناك طرفان محددان ينتج عن أحدهما (أو كلاهما معاً) انبهار الصلب بواسطة (ت ش أ) عند درجات الحرارة العادية .

ب) إذا تعرض الصلب لمحلول عالي الحمضية يحتوي على تراكيز عالية من أيونات الكلوريد (حوالي ١٦٪ بالوزن) يعادل التركيز . الناتج من التشيع بملح الطعام . (كلوريد الصوديوم) .

جـ) إذا تعرض الصلب لتركيز عالية من كلوريدات الماغنسيوم أو الكالسيوم أو الخارصين في وجود درجة الرطوبة المناسبة .

٧- شرخ بسبب التفاعل القلوي للركام: Alkali reaction

هو شكل نادر للتمدد والتشقق يحدث تحت الظروف المعتدلة . أو الرطبة فقط ويخبر هذا التفاعل بين بعض أنواع الركام التي تحتوي على سليكا نشطة active silica مع القلويات الناتجة من إماعة الأسمنت أو التي تتواجد في بعض المواد الإضافية amixtures أو من ماء الخلطة أو غير ذلك من المصادر كما في الشكل التالي إضافة إلى ذلك فإنه يمكن للركام أن يؤثر في عملية تصدع المنشآت الخرسانية من خلال قابلية بعض أنواعه - مثل الشوت- إلى التفاعل مع القلويات ، حيث يتفاعل هذا الركام الذي يحتوي على سليكا مائية مع أنواع الأسمتات التي تحوي نسباً عالية من القلويات ليكون مركبات سيليسية تمتد لتشكيل ضغطاً داخلية في الخرسانة تؤدي إلى تصدعها - كما أظهرت الدراسات التي أجريت على عينات الخرسانة التي تم الحصول عليها من بعض المنشآت الخرسانية المتصدعة في مصر أن استخدام الحجر الجيري والدولوميتي ضمن الركام من الخرسانة المسلحة أدى إلى

يسهل التآكل يدعى عامل التآكل (عامل ت ش أ) ويكون مسار الشرخ إما بين حبيبات السبيكة ويسمى بالشرخ البيني intergranular crack أو خلال الحبيبات ذاتها ويعرف بالشرخ العرضي transgranular crack وتكون خطورة الد (ت ش أ) في ناحيتين أساسيتين .

أ - إذا وجدت مادة عامل التآكل فإن الانهيار يحدث عند معدلات إجهاد أقل بكثير مما هو معروف للمادة ومن الحد الأدنى الذي يأخذه المهندس الإنشائي في الاعتبار عند التصميم .

ب) إن الانهيار يحدث فجأة ويكون مقدمات ظاهرة ، كما أنه ليس هناك أي طريقة لحساب معدلات تقدم الشرخ .

أسباب انهيار السقف المعلق لحمام سباحة من الحديد الغير قابل للصدأ :

انهار فجأة سقف معلق لحمام سباحة معلق من الحديد الغير قابل للصدأ علماً بأن نفس العلاقات كانت لحديد الغير قابل للصدأ وهذا الانهيار سببه شيطان :

١) إذا وجدت مادة عامل التآكل فإن الانهيار يحدث عند معدلات الإجهاد والتي هي أقل بكثير من المعروف للحد الأدنى للمادة التي تؤخذ في الاعتبار عند التصميم .

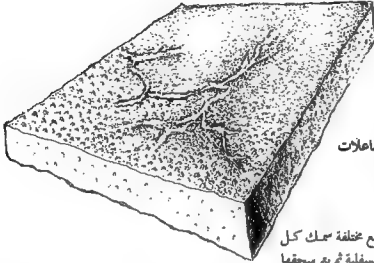
٢) أن الانهيار يحصل فجأة وبلا مقدمات ظاهرة كما أنه ليس هناك طريقة لحساب معدلات تقدم الشرخ واتساعها .

علماً بأن حرارة حمامات السباحة المعلقة لم تزد في الحالات الاستثنائية عن ٦٠° وفي الأحوال العادية لا تزيد عن ٢٥° .

وهناك عدة عوامل إلى هذه الأسباب وقد اختلفت التفسيرات والأسباب التي تدعو إلى هذا الانهيار نوجز منها ما يلي :

افترض كلاً من هربسلب وتايلر أن الصلب ٣٠٤ يتعرض لد (ت ش أ) عند درجات الحرارة العالية إذا كان في الحالة الخاملة passive أما إذا كان الصلب في الحالة النشطة فمن الممكن أن يحدث (ت ش أ) عند درجات الحرارة العادية . وتتبع الحالة النشطة للصلب في المحاليل الحمضية المحتوية على تراكيز أيون الكلوريد . وقد حصل تورشو على نتائج مماثلة وأظهرت نتائجها أنه كلما زاد تركيز أيون الكلوريد في المحلول فإن شرخ التصدع تظهر عند درجات حموضة أقل بقرص بقاء درجة الحرارة ومستوى الإجهاد ثابتين . وإذا بقيت درجة الحموضة عند ١٠ جزيء/لتر من حمض الهيدروكلوريك فإن الصلب يتعرض للتآكل العام إذا كان تركيز أيون الكلوريد ١٠ جزيء/لتر ويتبع التآكل التنبؤي إذا زاد تركيز الكلوريد إلى أقل من ٢ جزيء/لتر ، ويتحول التآكل إلى (ت ش أ) إذا ارتفع التركيز عن ٢ جزيء/لتر . ويشاهد هذا التحول في نوعية

تكون مركبات متعددة وخاصة مركبات الأثرغيت والثوماتيت والتي شكلت مضغوطاً شديدة داخل الخرسانة مما أدى إلى تصدعها .



شكل يبين الشروخ التي تظهر بسبب التفاعلات القلوية بين الركام والأمسخت

— ولتحديد قلوية الخرسانة تؤخذ مقاطع مختلفة سمك كل منها ١٠ سم من الأجزاء العلوية والوسطية والسفلية ثم يتم سحقها وإبعاد الحصى عنها ثم تسحق مرة أخرى حتى يتم تحويلها إلى بودرة ثم تمزج هذه البودرة بماء مقطر بنسبة ١ : ١ وزنياً ويتم تحريك المحلول لمدة ٣٠ دقيقة ويحرك لمدة ٦٠ دقيقة أخرى ثم يتم ترشيح فصل السائل وعندها يتم قياس القلوية باستخدام جهاز الترقيم الهيدروجيني .

— العلامات التي تدل على معرفة هذه الشروخ إما أن ترى بالعين المجردة أو بواسطة المجهز المكبر وتتلخص في التالي :
(١) وجود مادة هلامية عند التشققات (شفافة على الأغلب) تسيل على الأسطح الرأسية وتترك أثراً عليها وتبدو بارزة في الأسطح الأفقية .

(٢) بروز فقاعات (Pop outs) على سطح الخرسانة نتيجة لوجود حبيبة كبيرة من الركام تحت السطح مباشرة ويمكن رؤية المادة الهلامية أسفل الفقاعة . وفيما عدا ذلك يكون الضرر نتيجة لسبب آخر (مثل الناتج من التجمد) .

(٣) علامات أخرى مثل الرطوبة الدائمة ، وتغير اللون وتمدد يصعب رؤيته بالعين المجردة ، بداية العملية ، ولا تظهر الشقوق للعيان إلا بعد مرور سنوات عديدة ويصعب علاج هذه التفاعلات بعد حدوثها ولكن الوقاية في مثل هذه الحالات خير من العلاج والتي تتضمن :

أ) اختيار الركام المناسب .

ب) استعمال أمسخت منخفض القلوية .

جـ) استعمال المواد البوزلانية وتتلخص مواصفاتها في الآتي :
١ - هي مواد تتفاعل مع الجير الذي يتحرر عند الإماهة مكونة سيليكات وألومينات الكالسيوم غير القابلة للذوبان والتي تعمل على سد الفجوات الداخلية والمسام الشعرية في عجينة الأمسخت

مما يزيد من تحمل الخرسانة مع الزمن حيث تقل نفاذيتها للسوائل ومن أكثر المواد البوزلانية شيوعاً مسحوق الرماد Pulverized Fuel Ash - PFA والميكروسيليكا ، وتأثير هذه المواد على الخلطة الخرسانية أنها تعمل على تأخير الشك والتصلد ولكنها لا تؤثر على المقاومة إذا تمت المعالجة بعناية .

٢ - ويمكن استعمال مسحوق الرماد (Pfa) كبديل للرمول (حتى ٢٠٪) أو كبديل للأمسخت وذلك في الخرسانة التي لا تستعمل لأغراض إنشائية أو في الخرسانة الكتلية ولكن يجب أن يكون مطابقاً للمواصفات القياسية .

٣ - وتتفاعل المواد البوزلانية مع هيدروكسيد الكالسيوم مكونة عجينة جيلاينية (gel) من هيدرات سيليكات الكالسيوم الثابتة والتي تقلل الفجوات والمسام الداخلية في عجينة الأمسخت .

٨ - شروخ بسبب تفاعل الخرسانة مع الكبريتات :
Sulfate reaction

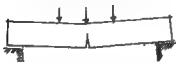
تشكل المياه والتربة المخزيان على كبريتات قابلة للذوبان في الماء خطراً كبيراً على قوة تحمل الخرسانة وتماسكها . فعندما تتسرب المواد الكبريتية خلال الحجر الأمسخت وتلاصق ألومينات الكالسيوم المتشعبة hydrated فإنها تتفاعل معاً مكونة ألومينات الكالسيوم الكبريتية ويصاحب ذلك زيادة كبيرة في الحجم ينتج عنها إجهادات شد موضعية عالية تؤدي إلى تآكل الخرسانة وتصدعها مع الزمن، وما يساعد على التخفيف من خطورة هذه المشكلة استعمال الأمسخت البورتلاندي المقاوم للكبريتات ويمكن أيضاً استعمال خلطات من الأمسخت المتعادل وفي الحالات التي تكون فيها نسبة الكبريتات عالية جداً فلا بد من استعمال بعض

أنواع البوزولانا المعروفة بمقاومتها للكبريتات وذلك بعد عمل اختبارات اللازمة للتأكد من فعاليتها .

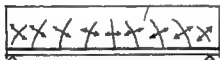
أما من ناحية جهة الأساسات فمن المعروف أن الأسمنت لا يقاوم تفاعل غازات مياه المجارى لأن كبريتيد الأيدروجين H_2S hydrogen sulphid التي تتحول إلى حامض كبريتيد H_2SO_4 بفعل الأكسجين المنص من البكتريا اللاهوائية وهذا الحامض يتفاعل ويؤثر تأثيراً شديداً على المواد الجيرية الموجودة بنسبة كبيرة في الأسمنت ويرجى الرجوع إلى ما كتب عن حماية الأساسات من الأحماض والأملاح بالباب الأول .



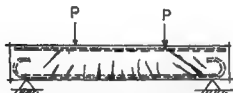
كثرة بياضهم نتيجة عدم وجود تسليح كاف في منطقة السد



كثرة بياضهم في منطقة السد بسبب عدم تسليح الكافي



التمدد اجزاء من السد الرئيسية في الكمرات البينية



كثرة بياضهم كافي بالنسبة للمعتمدين الذي يعتبر كاف بالنسبة للمعتمدين وكذلك توجد الشروع على زاوية ٥٠°



نقص تسليح السد
تكرار الفصوص وانزلاق السد العلوي في الكمرات الحادية



تمتد في العمود بسبب تخزين سداد كيمائى بجواره

٩ - الشروع الإنشائية :

- (١) شروح بسبب أعطاء التصميم :
- حدوث العيوب بالبنشآت الخرسانية :

● قصور التصميم الإنشائي : يعتبر القصور التصميمي الإنشائي من أهم أسباب حدوث العيوب بالبنشآت الخرسانية وتختلف درجة التأثير ابتداء من انتشار الشروع الشعرية إلى الشروع المتوسطة والكبيرة ونهاية بالانهيار الكامل ، ويرجع القصور في التصميم إلى أحد الأسباب التالية :

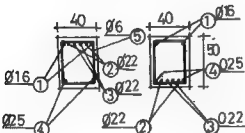
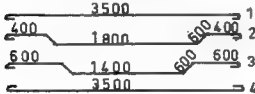
(أ) عدم اتباع اشتراطات المواصفات القياسية والقواعد التطبيقية لتصميم وتنفيذ الخرسانة المسلحة خاصة في حساب الأحوال المعرض لها المبنى والإجهادات الناتجة عن هذه الأحوال والإجهادات المفروضة أن تتحملها القطاعات الخرسانية بأمان كاف والمحددة في المواصفات القياسية . والرسومات التالية تبين

تعرضه للصدا من الجو المحيط به .

— شروخ سببها التسليح غير الكافي والتفاصيل غير المكتملة :

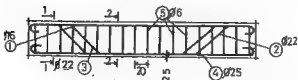
(١) على الرغم وما اشتهر عن زيادة نسبة التسليح في التصميم الإنشائي عن النسبة اللازمة إلا أن بعض الحالات تدل على حدوث تشققات سببها عدم قدرة التسليح على تحمل العزوم أو قوى القص التي تتعرض لها ولعل ذلك راجع إلى الخطأ البشري ويمكن أن يكون التصميم مثالياً ولكن لم يعمل تفريده للحديد وأطولاه وأماكنه وعمل قطاعات تكفي للمنفذ وتعطيه صورة واضحة عن هذا التسليح والرسم التالى بين طريقة تفريده للحديد والقطاعات والجدول لكثرة ذات ارتكاز بسيط .

تفاصيل التسليح المختلفة					
الارتفاع سم	العرض سم	الطول mm	مساحة التسليح سم ²	مساحة التسليح سم ²	مساحة التسليح سم ²
24	32	76	2	380	16
80	8	8,5	2	425	22
80	8	8,5	2	425	22
79	2	8,0	2	400	25
36	0	—	6	200	18



قطاع ١-١ قطاع ٢-٢

شكل يبين جميع أنواع مقاسات الحديد
والقطاعات والتفاصيل



(١) في تخطيط (٣٢/٤) في تخطيط (١) في تخطيط

ز) إهمال بعض الأحمال التي قد يتعرض لها المبنى مثل تأثير الرياح والزلازل وغيرها من العوامل الطبيعية .

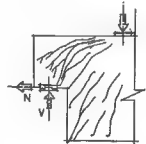
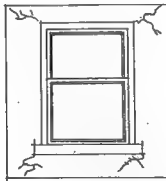
ح) الإهمال في تصميم فواصل التمدد والانكماش والهيوط والفتائل الإنشائية .

ط) إهمال الظروف المحيطة بالموقع والتي قد تؤثر على التصميم مثل منسوب ونوعية أساسات المباني المجاورة والتغير المنتظر في منسوب المياه الجوفية .

وستعرض لبعض الأشكال الناتجة عن سوء التصميم :

● تشققات الأركان والزوايا :




تعتبر هذه الأماكن موقعا مهيأ لتركيز الإجهادات ، ولذلك فهي موضع رئيسي لبدء التشققات وسواء كانت الإجهادات مرتفعة بسبب التغيرات الحجمية أو الأحمال التي تقع في مستوى واحد مع العضو in plane أو من العزوم فعل للمصمم أن يأخذ في اعتباره هذه الإجهادات المرتفعة ويضع لها التسليح المناسب حتى تبقى هذه الشقوق المحتملة في أضيق حد ممكن وبين الشكل التالى مثالين لما يمكن أن يحدث في أركان الجسور وفتحات النوافذ وما تجدر الإشارة إليه أن مثل هذه التشققات يمكن أن تحدث في البلاطات والجسور أيضاً إذا جرى عمل فتحات كبيرة لجارى التكيف ونحوها ولم تزود بالتسليح المناسب واللازم .



أعطى التسليح الجيد نتيجة شروخ في الزوايا

● شروخ نتيجة لضعف الخلطة الخرسانية :

إن ضعف الخلطة الخرسانية يكون إما بسبب استخدام ركام غير مطابق للمواصفات في خواصه أو تدرجه وإما بسبب قلة نسبة الأسمنت في الخرسانة أو أى حالة من تلك الحالات تنتج لدينا خرسانة ذات قوة مقاومة ضعيفة للضغط ويمكن علاج هذه الحالة عن طريق حقن الخرسانة إما باستخدام مونة أسمنتية غنية أو استخدام مواد سريعة بولمرية لملء الفراغات الموجودة داخل الخرسانة وبالتالي زيادة مقاومتها للضغط وزيادة تحملها للقوى المعرضة لها والتأكد من تغطية حديد التسليح وعدم

- (د) تؤخذ وتحقق أبعاد المحاور من الرسومات المعمارية .
 (هـ) عمق التأسيس ومنسوب ظهر الديدات بحسب القطاع النموذجي لقواعد الأعمدة .
 (و) الأربطة في جميع الأعمدة $6\phi 5$ وتكون كالشكل التالي:

 في الأعمدة بقطاع 40×25 سم أو أقل .

 وحتى 60×35 سم .
 في الأعمدة بقطاع 70×25 سم فأكثر

 (ز) طول الأضراس للأعمدة لا تقل عن ٤٠ مرة قطر السيخ .
 (ح) يراعى ترحيل الأعمدة عن محاور المباني على الرسم قبل البدء في التنفيذ لضمان محور القاعدة مع محور العمود .

ملاحظات خاصة بالأدوار المكررة :

- (١) يجب ذكر مقدار الحمل الحلي واليت التي تم على أساسه التصميم .
 (٢) تحديد نمك جميع البلاطات مبين عليها داخل دوائر .
 (٣) يراعى في جميع البلاطات أن يكسح سيخ ويترك الآخر على التوالي ابتداء من خمس البحر ويستمر السيخ المكسح إلى ربع البحر المجاور من الجهتين .
 (٤) في البلاطات الطرفية يراعى أن يكون التكسيح على مسافة ٢٠ سم من وجه جنب الكمرة الداخل .
 (٥) في البلاطات البارزة على شكل كابولي يراعى أن تمتد أسياخ تسليحها العلوى لمسافة لا تقل عن بروز البلاطة مقاساً من وجه الكمرة الداخل .
 (٦) يراعى وضع مواشير تقرير أسلاك الكهرباء قبل صب الخرسانة ولا يسمح بالتكسيح في الخرسانة بعد إتمام الصب .
 (٧) في الكمرات المستمرة يراعى أن تمتد أسياخ تسليحها المكسحة إلى ربع البحر المجاور من الجهتين أما في الكمرات المستمرة والتي ليس لها أسياخ مكسحة يراعى أن تستمر أسياخ تسليحها إلى ربع البحر المجاور من الجهتين .
 (٨) الكمرات البارزة على شكل كابولي يراعى أن تمتد تسليحها العلوى لمسافة لا تقل عن بروز الكابولي مقاسة من الوجه الداخل لنقطة الارتكاز (العمود) ما لم يذكر خلاف ذلك على الرسومات .
 (٩) يراعى ألا يقل طول وصلات أسياخ التسليح في منطقة (الشد) عن ٦٠ مرة قطر السيخ ولا تقل بأى حال عن ٦٠ سم مهما كان قطر السيخ وفي منطقة الضغط لا يقل طول الوصلة عن ٤٠ مرة قطر السيخ ولا يقل عن ٤٠ سم .

● شروح بسبب إعاقه الحركة :

قد تتعرض الخرسانة بطبيعتها من المواد التي يتغير حجمها لعدد من العوامل مثل الزحف وفروق درجات الحرارة

(٢) إن قلة نسبة الحديد داخل الخرسانة عن تلك المفروضة لمقاومة الأحمال المؤثرة على القطاع الخرساني قد تسبب حدوث شروخ ظاهرة في الخرسانة وهناك بعض الأمثلة لحالات ظهور الشروخ في القطاعات الخرسانية فقد تكون نتيجة لنقص حديد التسليح الموجود في اتجاه الشد في الخرسانة أو عدم وضع حديد تسليح كاف لمقاومة قوة القص في الكمرات أو عدم وضع الكانات على مسافات مضبوطة في حالة الكمرات أو الأعمدة وتعتبر هذه هي الحالات الأكثر شيوعاً فيما تم دراسته من حالات التصدعات في المباني .

(٣) ومن أمثلة ذلك تسليح عضو تسليحاً خفيفاً لأنه عضو غير إنشائي وقد يكون مربوطاً بالهيكل الخرساني بطريقة تجبره على حمل جزء من الإجهادات وهو في الواقع لا يتحمل هذا الإجهاد لقلة تسليحه بالإضافة إلى الكوابيل القصيرة عندما لا تصمم على القوى الأفقية المتولدة من الاحتكاك فيضغ كانات غير كافية ويحدث شروخ القص وكذلك يحدث في كراسي كمرات الكبارى فالركائز المتحركة في الكبارى تصبح غير قابلة للحركة مع الوقت بفعل الصدا والأثرية وهنالك تتولد قوى جانبية تؤدي إلى وجود القص .

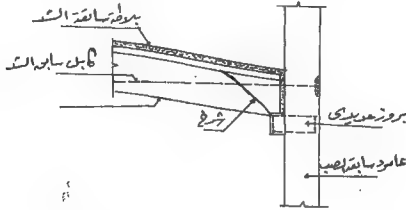
(٤) ويمكن علاج قلة الحديد في اتجاه الشد للكمرات إما بإضافة حديد تسليح للكمرة عن طريق عمل تحشين في الخرسانة القديمة وإضافة بعض أسياخ التسليح وتثبيتها في الكمرة بصب خرسانة جديدة وبذلك يتم تريط حديد التسليح المضاف إلى قطاع الكمرة القديم فيزداد بالتالي عمق الكمرة كما يزداد تسليحها بالنسبة المطلوبة عن طريق حساب قطاع الكمرة الصحيح اللازم لمقاومة الأحمال المؤثرة على الكمرة - ويمكن استبدال حديد التسليح المضاف إما بشرائح من الصلب أو بالمواد الأيوكسية الحديثة .

أما في حالة ظهور الشروخ نتيجة لقلة الحديد المكسح المقاوم لقوة القص بالخرسانة فإن علاجها يكون إما بإضافة كانات للقطاع أو إضافة أسياخ مكسحة في جوانب الكمرة ثم صب خرسانة جديدة حولها بعد تحشين سطح الخرسانة القديمة لحدوث قوة تماسك بين الاثنين وحتى يعمل القطاع كله على أنه وحدة واحدة متجانسة .

ملاحظات عامة على الأساسات :

- (أ) يجب ذكر عدد أدوار المبنى وهل يتحمل أدوار إضافية أم لا وكذا عدد الأدوار .
 (ب) جهد الضغط على الأرض .
 (ج) يراعى أن تنطبق محاور الدكة والقاعدة المسلحة على محاور الأعمدة القائمة أعلاها .

والانكماش الناتج عن الجفاف ، وهذه قد تفوق أحياناً الإجهادات بسبب الأحمال ويفعل كثير من المهندسين عن وضع الفواصل في الأعضاء الإنشائية التي تيسر حركتها ضد التقلصات المختلفة فعلى سبيل المثال لا بد من وجود فواصل رأسية في الحوائط بحيث تكون المسافة بين الفواصل والآخر حوالى ضعف الدورانية .



شكل يبين الصب على الحركة للسراية الدورانية

ويجب عمل فواصل للصب وفواصل الانكماش ، وفواصل للتعدد .

(أ) فواصل الصب : يراعى عند عمل فواصل الصب الشروط والاحتياطات التالية :

- (١) أن تكون الفواصل في الكمرات والبلاطات عند مواقع القيم الدنيا لقوى القص ما أمكن أو عند نقط انقلاب المزموم المجاورة للركائز .
- (٢) يجب أن يكون الفاصل متعامداً مع القوى الداخلية المؤثرة .
- (٣) تعمل الفواصل بين الكمرات العميقة أو المقلوبة والبلاطات المتصلة بها عند مواقع هذا الاتصال مع مراعاة صب مشاطف البلاطات إن وجدت مع البلاطات .

(٤) يفضل أن يحدد المهندس المنفذ فواصل الصب مسبقاً على اللوحات التنفيذية مع مراعاة إيضاح حديد التسليح اللازم لنقل قوى القص والشد الرئيسية عند الفواصل وذلك لإمكان عرضها على المهندس المصمم إذا لزم الأمر .

(٥) عند استئناف صب الفواصل الأفقية (بعد أكثر من يوم) ينحت سطح الخرسانة جيداً لإظهار الركام الكبير ثم ينظف السطح حتى تزال البقايا والمواد السائبة ثم يفسل بالماء حتى التشبع وترش طبقة من الأسمنت البلى أو دهانات زيادة التماسك بين الخرسانة القديمة والجديدة .

(ب) فواصل الانكماش : في حالات المسطحات الواسعة التي تتطلب عمل فواصل انكماش بها لتفادى حدوث تشققات مثل أرضيات المصانع والمراجعات وغيرها تقسم تلك المسطحات إلى مجموعة من الأجزاء لا يتجاوز أكبر بعد فيها ٢٥ متراً ثم تصب أولاً الأجزاء الفردية أو الزوجية وبعد مضي أسبوع على الأقل يستكمل تبادلياً صب باقي الأجزاء مع عمل فواصل بين المساحات الفردية والزوجية بعرض ٢ سم على الأقل يملأ بعد الصب بالبيتومين أو أى مادة مماثلة والرسومات التالية تبين بعض أنواع الفواصل للطرق وللدرابى والأسقف والحوائط .

أنواع الفواصل

expansion joint



→ A ←

A بالموصلة = ١٠٠ درجة الحرارة للصيف
أو الاستقار في معامل تمدد المادة

metal on roof

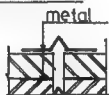


يستعمل في الجدران المتكبل



يستعمل في الطريق للمرور

a - PARAPETS



مسقط أخف من الدروة

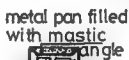


فاصل للبروز للدروة

b - ROOFS



فاصل للكمرة عديم خرسانية



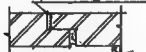
فاصل للبروز عديم خرسانية



فاصل للتأخر مدفنة

c - WALLS

expanding filler



exterior face
فاصل لحائط مائل أو أرضاني

expanding metal



فاصل في كتلة خرسانية



فاصل مدفنة

d - FLOORS

cover plate fixed at one end



فاصل في أرضية مائل أو خرسانية عادية

conc. floor slab, sliding steel



فاصل على عامود

فاصل للبروز لكل المعدن والبروز طاق

- (٣) قلة كفاءة الشدات الخشبية للخرسانة مما يسبب عدم تحملها للأعمال الخرسانة والعمالة أثناء عملية الصب .
- (٤) سرعة فك الشدات الخرسانية قبل وصول مقاومة الخرسانة للإجهادات المناسبة للأحمال الموجودة .
- (٥) إهمال اختبارات الجودة للخرسانة مثل تحديد درجة سيولة الخرسانة وتحديد مقاومة الانضغاط للمكعبات القياسية .
- (٦) عدم الاهتمام بمعالجة الخرسانة بطريقة صحيحة ولمدد كافية .
- (٧) تسهيل عملية الدمك بإضافة كميات إضافية من الماء أثناء عملية الصب مما يضعف مقاومة الخرسانة .
- (٨) إهمال معالجة فواصل الصب بالطريقة الصحيحة .
- (٩) إهمال عمل لوح لتفاصيل حديد التسليح .
- (١٠) تنفيذ الغطاء الخرساني بسمك أقل أو أكثر من اللازم .

• عيوب مكونات الخرسانة :

- (١) استعمال ركام غير متدرج أو يحتوي على مواد ناعمة أكثر من النسبة المسموح بها أو أملاح تؤثر على تحديد التسليح .
- (٢) إهمال غسل وهرز الركام للتخلص من الأملاح والمواد الناعمة .
- (٣) استعمال أمنت غير معلوم المصدر أو تاريخ الإنتاج .
- (٤) استعمال أنواع غير مناسبة من الأمنت كاستعمال الأمنت الحديدى فى أعمال الخرسانة المسلحة واستعمال الأمنت سريع الشك فى الأجواء الحارة .
- (٥) استعمال مياه غير مناسبة للخلطات الخرسانية مثل مياه البحر والمياه الراكدة .
- (٦) عدم الاهتمام باختبارات ضبط الجودة للمواد المستعملة فى الخرسانة مثل :
- (أ) التحليل الكيميائى لمياه الخلط .
- (ب) اختبار صلاحية الأمنت .
- (ج) اختبار التدرج الحبيبي ونجوى المواد الناعمة للركام .
- (د) اختبار نجوى الأملاح ومقاومة الانضغاط للركام .
- (هـ) اختبار الشد والرونة لحديد التسليح .

- ١١ - إهمال العزل المائى والحرارى أو استعمال الأنواع التقليدية من العزل ذى الكفاءة المنخفضة .
- (أ) ... يؤدى إهمال العزل المائى للأسطح النهائية ودورات المياه والأساسات خاصة فى حالة ارتفاع منسوب المياه الجوفية واحتمالها على نسب عالية من الأملاح الضارة إلى تسرب المياه داخل الخرسانة ووصولها إلى حديد التسليح مما يسبب صدأ الحديد وتآكله بالكامل وسقوط الغطاء الخرساني وفى النهاية

ويجوز صب كامل المسطحات والأرضيات الكبيرة دفعة واحدة بشرط اتباع نفس الخطوات السابقة وعمل فواصل مرنة بين الأجزاء تسمح بحركة الخرسانة فى هذه الأجزاء .

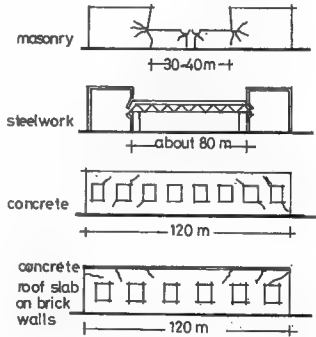
(ج) فواصل التمدد : تكون المسافة التقصى بين فواصل التمدد للمنشآت العادية كما يلى :

- من ٤٠ إلى ٤٥ متراً فى المناطق المعتدلة .
- من ٣٠ إلى ٣٥ متراً فى المناطق الحارة .

ويمكن أن يسمح بزيادة هذه المسافات بشرط الأخذ عند التصميم تأثير عوامل التمدد والانكماش والزرحف .

وفى حالة الأعمال الكتلية كالحوائط الساندة والأسوار يجب ترتيب الفواصل على مسافات أقل وإذا زادت الأبعاد عن ما سبق ذكره يتم التشرىخ للمباني المكونة من مواد مختلفة وذلك للاسترشاد كما بالرسم التالى .

الأسباب التى تؤدى للشروع فى نتيجة عدم فواصل التمدد والانكماش



- ١٠ - شروح ناتجة عن أخطاء التنفيذ وسوء الاستعمال :

• قصور طريقة التنفيذ :

- (١) عدم الاهتمام بعمل تصميم معطى للخلطات الخرسانية باستعمال نفس المواد المستعملة فى الموقع .
- (٢) عدم استعمال المعدات الحديثة فى خلط وصب ودمك الخرسانة .

٢ (تعرض الأسطح الخرسانية للاحتكاك والبرى والصدم الناتج عن استعمال المعدات الميكانيكية خاصة في أرضيات المصانع والمراجعات .

٣ (تأكل الأرضيات الخرسانية بالمواد الكيميائية المستعملة في مصانع الأسمدة والمواد السكرية المستعملة في مصانع الأغذية وكذلك هبوط الأرضيات كما في الشكل التالي (أ) .

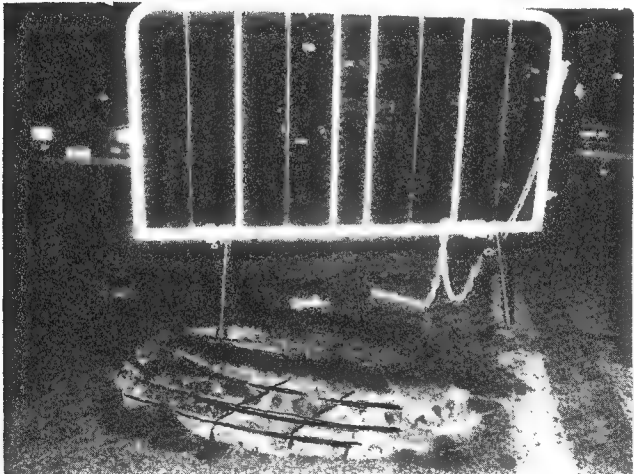
قد يؤدي إلى انهيار العنصر الخرساني بالكامل .
لذلك يجب الاهتمام بالعزل كأحد المسببات الرئيسية لمعظم العيوب التي تحدث في المنشآت الخرسانية .

٢ (كذلك يؤدي عدم وجود عزل حراري مناسب للأسطح النهائية إلى زيادة تمدد وانكماش العناصر الخرسانية للأسقف مما يسبب حدوث إجهادات زائدة لهذه العناصر تؤدي في النهاية إلى حدوث الشروخ والانفصال بين الحوائط والميكل الخرساني .

وسيم الدراسة بالباب السابع خاص للعزل المائي والحراري وتخفيض المياه الجوفية .

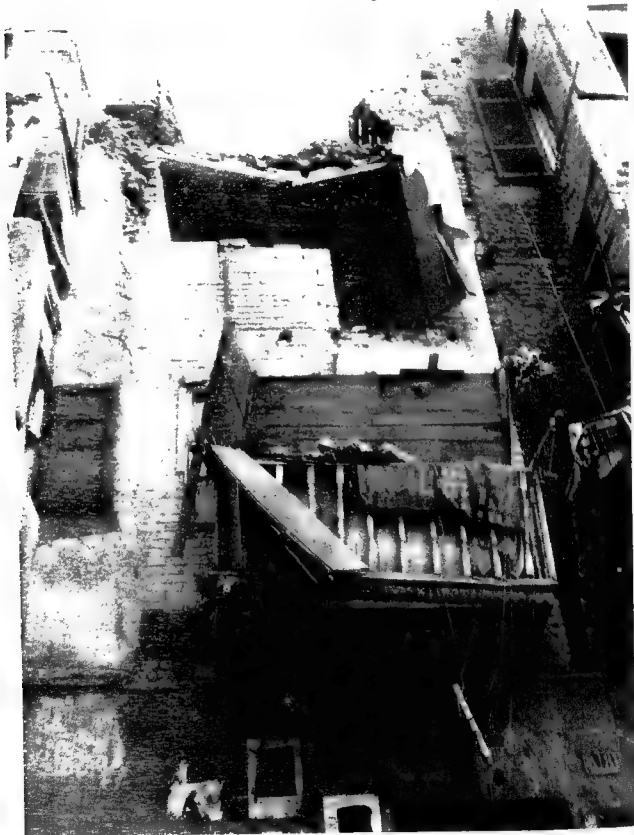
١٢ - تعرض المنشأ لعوامل لم تؤخذ في الاعتبار عند التصميم :

١ (تأكل الخرسانة وصدا حديد التسليح الناتج عن الغازات الضارة المتوفرة في الأجواء الصناعية .



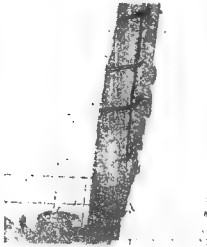
شكل (أ) يبين هبوط أرضية من الخرسانة المسلحة وظهور حديد التسليح .

- ٤ (تغير منسوب المياه الجوفية
٥) تعرض المنشأ للزلازل والحزات الأرضية كما في الشكل التالى (ب)



شكل (ب) يبين تعرض المبنى للزلازل الحادث في ١٢ أكتوبر سنة ١٩٩٢

- ٦ (التغير في استعمال المنشأ الخرساني مما يغير في الأحمال التصميمية للمنشأ .
- ٧ (زيادة ارتفاع المباني عن الارتفاع المحدد أثناء التصميم .
- ٨ (استخدام أنواع من الأساسات في المباني المجاورة تؤثر على سلامة المبنى .
- ٩ (والرسم التالي يبين :
- أ (تراكم الصلأ على الجزء الساقط من العמוד بسبب مياه الفسيل .
- ب (تراكم الصلأ على العמוד بسبب تسرب مياه من مواسير الصرف والتغذية .
- ج (تراكم الصلأ على العמוד بسبب مد وجزر المياه الجوفية بالبحرود وتوقف الصلأ على ارتفاع ٧٠ سم .
- د (لم يصب العמוד شيء لخلطة الخرسانة الجيدة ومعالجتها بمواد كيميائية تزيد من متانتها .



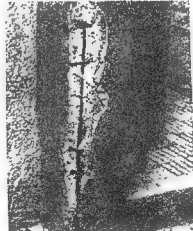
(ب)



(١)



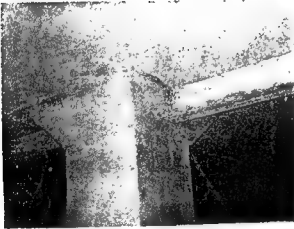
(د)



(ح)



شكل بين صلب حول العמוד وتنظيفه لإعادة ترميمه . شكل بين تشققات ظاهرة في أحد الأعمدة واليدروم أسفله

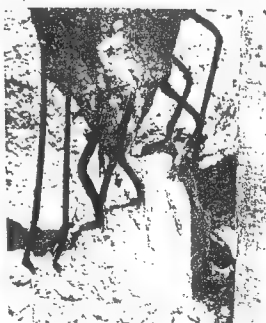
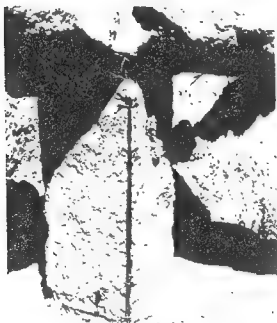


شكل بين تدعيم هذا العמוד بعمل تاج هرمي بحيث يتم الإسناد الكامل لكمرات وبلاطة الأسقف

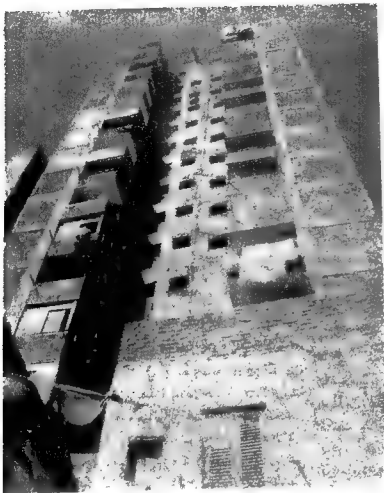
شكل بين تصدع العמוד مما أضعفه بشكل كبير



صورة لعمود تأثر في مبنى وبالق الأعمدة لم تأثر وذلك لسوء تنفيذ هذا العمود



شكل لرقبة عمود متآكلة لوجود مياه كبريتية وعدم استعمال أسمنت مقاوم للكبريتات وأخرى سليمة في مبنى واحد للاعتناء بالخلطة الخرسانية



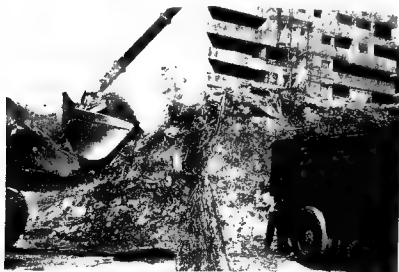
عمارة برج السوف بالاسكندرية مالت ميلاً شديداً نتيجة
عدم انتظام جهد التربة أسفلها وتسببت في اختلالها



تدعيم مسجد الحممدية بالقلمة
لترميمه بعد الزلزال



تدعيم مسجد الكخيا بميدان الأوبرا
لترميمه بعد الزلزال



صورة تين عمارة مصر الجديدة نتيجة زلزال ١٧ أكتوبر
بسبب خطأ التصميم وسوء التنفيذ .



تدعيم مسجد القصاصين بالأزهر
لترميمه بعد الزلزال

١٣ - شروخ نتيجة لقلة القطاع الخرساني عن القطاع التصميمي :

في هذه الحالة يمكن زيادة قطاع الكمرة أو العمود عن طريق عمل قميص من الخرسانة حول القطاع الفعلي الغير قادر على مقاومة الأحمال المعرض لها ويكون ذلك بإضافة حديد التسليح حول قطاع الكمرة ثم صب خرسانة جديدة لزيادة القطاع وربطها بالخرسانة القديمة إما باستخدام خرسانة عادية أو استخدام المواد البوليمية الجديدة أو استخدام مادة لاصقة من المواد البوليمية لربط الخرسانة القديمة بالخرسانة الحديثة . وحساب القطاع الجديد على أن يقاوم الأحمال للمرض لها الكمرة أو العمود .

١٤ - أسباب مجتمعة تسبب الشروخ وضعف الخرسانة ناتجة عن التنفيذ :

ونستخرج عدة أسباب لمعرفة أعطاء التنفيذ وهي كالآتي :
(أ) إضافة الماء :

في مقدمة الأخطاء الشائعة في التنفيذ إضافة الماء إلى الخرسانة أثناء عملية النقل والصب ، فعندما يتبخر جزء من ماء الخرسانة ويصعب تشغيلها ، يعمد العمال إلى إضافة الماء إليها لتحسين قابليتها للتشغيل . فلما الإضاني يضعف من مقاومة الخرسانة ، ويساعد على زيادة الهبوط ، وزيادة الانكماش الناتج عن الجفاف . وإذا ما صاحب زيادة الماء زيادة في كمية الأسمنت لتعويض النقص في المقاومة فإن هذا يعني زيادة في فروق درجة الحرارة بين الأجزاء السطحية والداخلية للمنشأ ، وهذا يؤدي إلى زيادة في الإجهادات الحرارية وزيادة في التشقق .

ولذلك يجب استعمال الجردل المخروط الناقص المفتوح من القاعدتين وقاعدته السفلى بقطر ٢٠ سم والعليا بقطر ١٠ سم والارتفاع ٢٠ سم وله يد يمكن رفعه بواسطتها ، وتصب الخرسانة بمزوجة بالماء داخله على أربع دفعات وتقلب في كل دفعة ٢٠ مرة بواسطة سيخ حديد بطول ٦٠ سم وقطره ١٠ سم .

٨ - بوصة بنهاية معدبة وبعد ملئه تماماً يزال الجردل مباشرة برفعه رأسياً إلى أعلى ويقاس هبوط الخرسانة من ارتفاعها الأصل ، ويجب ألا يزيد عن ٥ سم للقطاعات من الخرسانة المسلحة . وعموماً يجب أن يكون وزن المياه المستعملة في الخرسانة مساوياً إلى نحو ٤٠ % من وزن الأسمنت الداخل في الخرسانة .

(ب) عدم العناية بالدمك الجيد والمناسب :
ومن الأخطاء الشائعة التي لمساتها في كثير من المشروعات .

الصفيرة إلى المتوسطة عدم الاهتمام بالدمك والتكثيف الجيد للخرسانة فكثيراً ما يهمل الدمك وأحياناً لا تكون هناك أجهزة احتياطية للدمك وتخضع عملية الدمك للملاحظات التالية :

— دمك الخرسانة : تشمل عملية الدمك الغز والمز ولتناسب الخلطة الخرسانية حول حديد التسليح وتقلد القلب للمنسوب المطلوب . ويجوز الدمك يدوياً إذا لم ينص على استعمال الوسائل الميكانيكية مثل المرازات الفاعسة (الداخلية) أو مرازات القالب (الخارجية) أو هزازات السطح وعلى العموم فإنه يفضل استخدام المرازات الميكانيكية ويلزم لمن يقوم بعملية الدمك شخص متخصص مدرب بحيث يتوقف عن الدمك بعد الانتهاء من ظهور فقاعات الهواء . ويجب عدم لمس المراز الداخلي لحديد التسليح أثناء الدمك ويراعى ألا يتسبب الصب والدمك بأي حال من الأحوال في قلة الخرسانة السابق صبها أو زعزعة أسياخ التسليح أو إحداث تغيير في مقاسات القوالب .

كما أنه لوحظ أن المراز المستخدم لا يكون مقاسه وذبيته مناسبين لنوع الخلطة وقوامها ، ولا تستخدم عادة التقنية الحديثة باستعمال المراز المزوج الخارجي والداخلي في حالة التسليح المكثف والأعضاء الحفية أو إعادة الدمك لإزالة التشققات المبكرة وتقوية مقاومة السطح وكثيراً ما نلاحظ فواصل في الأعضاء الخرسانية بسبب عدم دخول المراز إلى الطبقة السابق دمكها فيظهر فاصل عند كل طبقة من الطبقات وتؤدي كل هذه العوامل مجتمعة إلى نقص الخرسانة بمقدار قد يصل ٥٠ % .

(ج) عدم الاهتمام بالمعالجة :

يزيد إهمال المعالجة من إمكانية حدوث التشققات في المنشآت ، ووقف المعالجة مبكراً يؤدي إلى حدوث انكماش كبير في وقت تكون فيه الخرسانة ضعيفة المقاومة كما أن عدم الاهتمام بالمعالجة الجيدة يساعد على توقف التفاعل ويبقى جزء من الأسمنت دون إماعة وهذا يؤدي إلى عدم وصول الخرسانة إلى مقاومتها المطلوبة حتى بعد مرور زمن طويل .

ويجب معالجة الخرسانة ووقايتها على الأسس الآتية :

(١) تلزم معالجة الخرسانة في درجة حرارة لا تقل عن عشرة درجات مئوية على أن تكون في حالة رطبة تماماً للفترات الزمنية التالية .

(أ) ٧ - ١٥ يوم في حالة استخدام أسمنت بورتلاندى عادي .

(ب) ٥ - ١٠ يوم في حالة استخدام أسمنت سريع التصلد أو في حالة استخدام إضافات معالجة .

وفي حالة عدم اتباع المعالجة الرطبة يسمح باستخدام

المصنع. وفي حالة تخزينه يراعى حمايته بطريقة فعالة من المطر وضد رطوبة الهواء والأرض وأن لا يستخدم أى أمنت بدأت تتكون فيه حبيبات أو كسل متصلة . ويمكن استعمال مثل هذا الأمنت في أعمال الخرسانات العادية أو المائي بعد غطه وإزالة ما به من كسل دون تفتيتها .

والأهمية ما يجب مراعاته عند تخزين الأمنت البورتلاندى بموقع العمل خصوصاً لأعمال الخرسانات المسلحة يجب أن نذكر أن الرطوبة الموجودة في الجو تؤثر على قوة الأمنت الذى يصير تخزينه في الموقع شكاير من الورق وذلك رغم ما يؤخذ من احتياطات في تخزينه تحت مظلات أو غطاءيات من الأقمشة العازلة للرطوبة وقد وجد بالتجربة أن الأمنت الذى يصير تخزينه في الموقع بالحالة الموضحة عاليا تتناقص قوته بمقدار حوالى ١٥ ٪ بعد ثلاثة شهور من تخزينه ، ٢٠ ٪ بعد ستة شهور من تخزينه وقد تصل هذه النسبة إلى ٥٠ ٪ أو أكثر بعد سنة من تخزينه حسب حالة الجو وتشبعه بالرطوبة . هذا مع العلم بأن الأمنت سريع التصلب يتأثر بالتخزين أكثر من الأمنت البورتلاندى .

ويجب عند تخزين الأمنت أن توضع الشكاير في صفوف مستقيمة ومتلاصقة وبارتفاع لا يزيد عن عشرة شكاير فوق بعضها وأن يراعى استعمال الأمنت أولاً بأول حسب وروده للموقع .

٤) أن تكون كمية الأمنت الداخلة في الخرسانة كافية لتخليط أوجه كسر الحجر أو الزلط وحبيبات الرمل تغليفاً كاملاً وليس فاقضاً وذلك تمام تماسك جزئيات الخرسانة في حالة الأولى ولعدم تعرضها لتهدد وانكماش زائد عن اللازم مما يعرض جزئياتها للتشقق في حالة وجود فائض من الأمنت .

٥) أن تكون المياه اللازمة لخلط الخرسانة أقل ما يمكن للحصول على خرسانة متأللة اللون وجميع حصاها مغطى بالمونة وبسهولة الصب في مواضعها . حيث أن قلة المياه المستعملة في خلط الخرسانة تجعلها ذات مسام وجزئياتها غير مندمجة في بعضها تماماً مما يضعف قوتها . كما أن كثرة المياه المستعملة في خلط الخرسانة عن اللازم يقلل من قوتها ، ويزيد في المدة اللازمة للشك الابتدائي لها كما يزيد في معامل انكماشها وتكون النتيجة حدوث تشققات فيها .

وقد دلت التجارب العملية على أن الخرسانة تغطي أكثر مقاومة للضغوط للمرضه ما إذا كان وزن المياه الداخلة في خلطها يساوى ٣٠ ٪ من وزن كمية الأمنت المستعملة في تكوين الخرسانة . إلا أن اتباع هذه النسبة من المياه في مزج الخرسانة عملياً يجعل الخرسانة صعبة التشغيل Workability والتشكيل . كما تحتاج لعناية كبيرة في عملية دسكها في مواضعها

مركبات معالجة معتمدة ترش ميكانيكياً بصورة متصلة لضمان تغطية سطح الخرسانة بصورة كاملة لحمايتها من فقد ماء الخلط .

كما يمكن استخدام المعالجة بالبخار أو غيره .

٢) يجب وقاية الخرسانة حديثة الصب من المطر والجفاف السريع وخصوصاً في حالة الجو الحار أو الجلف أو العاصف وذلك بتغطيتها بأغطية مناسبة من وقت انتهاء صب الخرسانة إلى الوقت الذى يصبح فيه السطح صلباً بدرجة كافية بحيث يمكن معالجته بطرق المعالجة المختلفة .

٣) يجب ألا تتعرض الخرسانة المسلحة أثناء معالجتها لماء يحوى أملاحاً ضارة .

٤) يجب ألا تتعرض الخرسانة لأية أحمال مثل ضغط الماء الجوى أو ردم ترابى لاسيما المشيع بالماء إلا بعد أن تصل مقاومة الخرسانة إلى مقاومتها المقررة .

١٥ - استعمال مواد غير مطابقة للمواصفات :

العوامل التى تؤثر على قوة الخرسانة: يحظر استعمال مواد غير مطابقة للمواصفات مثل استعمال الركام وماء الخلطة اللين يحتويان على نسبة عالية من الكبريتات والكلوريدات ومن أسباب التصدع الشائع هو احتواء الماء والمواد على نسب عالية من الأملاح والكبريتات .

وتتوقف قوة الخرسانة ومقاومتها للأحمال والموالض الجوية المعرضة لها على ما يأتى :

١) أن يكون كسر الحجر أو الزلط والرمل الداخلى فيها صلباً نظيفاً خالياً من الأتربة والمواد العضوية والأملاح وغيرها مما يؤثر في متانة الأمنت أو يكون حائلاً بين تماسك الأمنت والأسطح الخارجية للركام . كما يجب أن تكون الركام المستعملة في الخرسانة جافة تماماً .

وفي حالة استعمال كسر حجر أو طوب أو أى ركام أخرى مسامية فيجب أن تكون متدلة بالمياه وليست مبللة حتى لا تتشرب أسطحها المياه المستعملة في مزج الخرسانة .

٢) أن يكون كسر الحجر أو الزلط وحبيبات الرمل متدرجة الأحجام بحيث يملأ الأمنت فراغات بين الرمل ويملأ الأمنت والرمل فراغات كسر الحجر أو الزلط . وذلك لجعل الفراغات بين جزئيات هذه المواد أقل ما يمكن . وأيضاً لإمكان الحصول على خرسانات كثيفة غير قابلة لانفصال جزئياتها segregation وفي الخرسانات ذات الأهمية يجب على المهندس الإنشائى أن يبين أفضل منحنى يمكن لتدرج الركام والمواد المكونة للخرسانة .

٣) أن يكون الأمنت المستعمل من الوارد حديثاً من

ومن الوجهة العملية وجد أن كميات المياه التي تستعمل في مزج الخرسانة تتراوح نسبتها بين ٥٥،٤٠ % من وزن الأسمنت الداخل في تكوين الخرسانة حسب الأغراض المستعملة فيها حتى لا تؤثر كثرة المياه أو قلتها على صلاحية الخرسانة المستعملة . وإذا وجد أن الخرسانة تحتاج إلى مياه أكثر للحصول على درجة التشغيل المطلوبة . فيمكن زيادة كميات الأسمنت الداخلة في تكوين الخرسانة مع إضافة المياه المناسبة لذلك في الحدود الموضحة أعلاه .

ولكن معلوماً أن مواد الخرسانة المستعملة فيها كميات المياه بالنسبة الموضحة أعلاه يجب أن تكون جافة غير مبللة عند مزجها . وإذا كانت هذه المواد رطبة فيعمل حساب هذه الرطوبة وتقلل في مقابلها كمية المياه اللازمة للمزج . كما يراعى أن تقلل نسبة كمية المياه إلى كمية الأسمنت المستعمل في مزج الخرسانة عندما تستعمل الماززات الميكانيكية في دمك الخرسانة عند صبها في مواضعها عنها في حالة عدم استعمالها والاكتفاء بالدمك باليد .

١٦ - أهم العوامل التي تؤثر على قوة الخرسانة ما يلي :

(أ) **المسامية :** وهي النسبة الكلية للفراغات التي يمكن أن تشغلها الغازات أو السوائل في الخلطة الخرسانية . وهي تتناسب طردياً مع نسبة الماء / الأسمنت .

(ب) **النفاذية :** وهي قدرة المادة المسامية على إمرار السوائل خلال شبكة مسامها . وتعد هذه الخاصية أهم الخواص الطبيعية للخرسانة من حيث التأثير على تآكل حديد التسليح وتعتمد نفاذية الخرسانة على عدة عوامل أهمها نسبة الماء / الأسمنت في الخلطة وحجم الركام المستخدم وتدرجه . المحتوى من الأسمنت . طريقة الدمج والمعالجة .

(ج) **تمك الغطاء الخرساني :** أوصت بعض الدراسات بألا يقل تمك الغطاء الخرساني لحديد التسليح عن ٥ سم . وتمك الغطاء الخرساني هو أحد العوامل المؤثرة على تدهور خواص الخرسانة والذي يقرن بالنفاذية حيث إن غطاء ذا سمك ٥ سم من خرسانة عالية النفاذية قد تقل وقايته لحديد التسليح عن تلك التي يكتفلها غطاء ذو سمك ٥ سم من خرسانة ضعيفة النفاذية . ويوضح الشكل التالى أثر ضعف الغطاء الخرساني بالعمود على تصدع الخرسانة وبالتالي تعرض حديد التسليح للجو المحيط وزيادة تآكله .

(٦) وللحصول على خرسانة متجانسة يستحسن كثيراً استعمال الخلطات الميكانيكية لتقليب الخرسانة كلما أمكن . وفي حالة عدم وجود مثل هذه الخلطات يجب تقليب الخرسانة ثلاث مرات على الأقل بالطريقة الآتية :

(أ) يقلب الأسمنت فقط (حسب النسبة المحددة في المواصفات) على الناشف على طبلية جافة على حدة .

(ب) تفرد المونة في أعلا كمية من كسر الحجر أو الزلط (حسب النسبة المحددة في المواصفات) ثم يقلب هذا الركام والمونة على الناشف بالكريك وذلك لتكوين خليط متجانس من المواد المكونة للخرسانة .

(ج) ثم تبدأ التقلية الثانية للخرسانة مع رش الماء ورزاً أثناء التقلية حتى يأخذ كل كريك ملان بالخرسانة مياهه المناسبة . ويجب أن لا يصب الماء صفاً من صفيحة أو جردل حيث إن في ذلك ضياعاً لمياه كثيرة وخطراً لضياع الأسمنت من الخرسانة بفصله منها .

(د) وتقلب الخرسانة للمرة الثالثة ويوضع عليها ما قد تحتاجه من المياه رشا حتى تكون بالمزج المناسب للعمل . وعندئذ تنقل إلى أماكنها ثم تصب وتغزغ جيداً في مواضعها دون أن تتعرض لانفصال جزيئاتها وعلى أن تتم جميع هذه المراحل قبل حلول مهامد الشك الابتدائي للأسمنت الداخل في تكوين الخرسانة . ولأهمية تأثير كمية المياه التي تمزج بمكونات الخرسانة الداخل فيها الأسمنت من ناحية مدة شكه وقوة تصلبها ومعامل انكماشها فإنه يجب مراعاة أن تكون نسبة المياه المستعملة في مزج كل خلطة من كميات الخرسانة التي تخطط باليد واحدة حتى تكون الخرسانة الناتجة متجانسة وذات قوة واحدة . وهناك تجربة أخرى بدل تجربة الخروط الناقص تسمى تجربة معامل الدمك .

وتستعمل هذه التجربة جهازاً ضافطاً وبه مؤشر بين درجات تشغيل الخرسانة .

فلذا أشار مؤشر الجهاز إلى رقم ٨٧ . كانت درجة تشغيل الخرسانة منخفضة جداً .

ولذا أشار مؤشر الجهاز إلى رقم ٨٥ . كانت درجة تشغيل الخرسانة منخفضة .

ولذا أشار مؤشر الجهاز إلى رقم ٩٢ . كانت درجة تشغيل الخرسانة متوسطة .

ولذا أشار مؤشر الجهاز إلى ٩٥ . كانت درجة تشغيل الخرسانة عالية .

وتستعمل الخرسانات ذات درجات التشغيل المختلفة التي يوضحها جهاز معامل الدمك في مثل الأغراض التي توضحها تجربة الخروط الناقص .

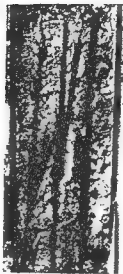
٠٠٦ - ٠٠١ م . وهى قيم تتفق مع نتائج دراسات أجريت في دول أخرى من العالم وهذا المعدل يجب أن يؤخذ في الاعتبار عند تصميم المنشآت الخرسانية المسلحة في المناطق الساحلية ، ويجدر الإشارة إلى أنه من أهم الأوساط المحيطة بالخرسانة والتي تؤثر بشكل كبير في خواصها المياه الجوفية وحركتها وتركيبها الكيميائى ، التربة الملحية والأجواء الصناعية .

١٧ - أخطاء التسليح :

يجبر التسليح أحد الركائز الأساسية في عدم ظهور التشققات فهو الذى يتحمل إجهادات الشد وكثيراً من قوى القص ، ويساعد على التقليل من احتمال الانبعاج وكذلك تؤدي أخطاء التسليح إلى تشققات مهمة وقد تكون خطيرة أيضاً وخاصة عندما تقترن مع أخطاء في تنفيذ الخرسانة تضعف الترابط بينهما ويجب أن يكون التسليح يخضع للمواصفات الآتية :

يراعى في حديد التسليح أن تكون الأسياخ قبل وضعها في أماكنها نظيفة من الشحم أو البزبة أو قشور الصدا أو أى شوائب أخرى . ويجب أن يقلل من وصلات الأسياخ بقدر الإمكان وعند وجود أى وصلات فيها يجب أن تكون خلف وخلاف أى أن توزع الوصلات ولا توضع في منطقة واحدة ، ويجب أن لا يقل ركوب الوصلة في الأسياخ عن ٤٠ مرة قطر السيخ في منطقة الشد ولا عن ٢٠ مرة قطر السيخ في منطقة الضغط وأن يزود السيخ بمجش في كل من نهايته . ويجب أن يراعى أن تكون أسياخ التسليح في أعمال الخرسانة المسلحة مغطاة بقشرة خارجية من الخرسانة بسلك لا يقل عن ١- سم للبلاطات الداخلية ، و ١,٥ سم للكمرات والأعمدة الداخلية . وأما البلاطات والكمرات والأعمدة الخارجية فيجب أن لا يقل سمك القشرة الخرسانية الخارجية عن ٢ سم . ويجب أن لا يقل سمك القشرة الخرسانية للأساسات والخرفانات عن ٣ سم . في الأعمال البحرية والخرسانات المعرضة لتأثير عوامل كيميائية يجب أن لا تقل سمك القشرة الخرسانية الخارجية التي تغطي أسياخ حديد التسليح عن ٤ سم إلى ٥ سم . ويجب أن لا تقل المسافة الخالصة بين أسياخ حديد التسليح في أى اتجاه في الكمرات عن ٢,٥ سم أو قطر سيخ حديد التسليح أو ١/٤ مرة قطر أكبر حجم الزلط المستعمل أيهما أكبر .

كما يجب وضع أسياخ حديد التسليح في مواضعها تماماً طبقاً للمقاسات والأشكال الموضحة بالرسومات والبيانات الخاصة بها والرسم التالى يبين طريقة لفرد الحديد ويجب وضعه في التنفيذ كما هو مبين بالرسومات .



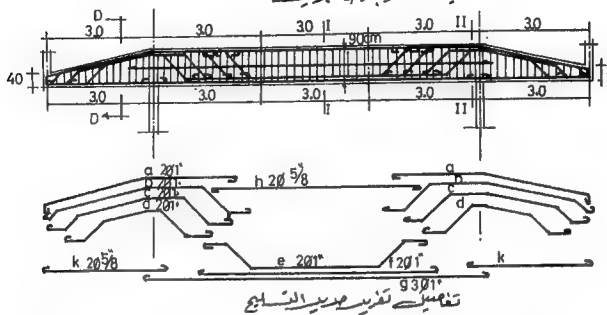
تأكسد حديد التسليح في أسد الأعمدة بعد إزالة الغطاء الخرساني

د) نوع الأسمنت المستخدم : على الرغم من وجود العديد من أنواع الأسمنت بتركيبات متباينة تستخدم حالياً . فإن عدداً محدوداً من العلاقات بين تركيب هذه الأنواع وتأكل حديد التسليح فيها وبالتالي تصدع الخرسانة المحيطة قد أمكن تأكيدها . حيث أكدت الدراسات أن كافة أنواع الأسمنت البورتلاندى تنتج القلوية الكافية للحفاظ على المتانة الطبيعية لحديد التسليح إذ على عملية هدرجتها أن يصل الرقم الهيدروجيني لوسط الخرسانة إلى ما بين ١٢ - ١٤ . كما أوضحت دراسات أخرى أن درجة نعومة الأسمنت المستخدم ذات تأثير كبير على وقاية حديد التسليح من التآكل كما اتضح أيضاً أن استخدام الأسمنت الحديدي والذي يحوى ما لا يقل عن ١ ٪ من الكبريتيدات ينشط عملية تآكل حديد التسليح وربما يؤدي إلى إحداث شروخ بمحديد التسليح إذا ما كانت الخرسانة المسلحة في المنشأ تقع تحت تأثير ضغوط أو إجهادات .

هـ) الوسط المحيط بالخرسانة :

من أهم خصائص الوسط المحيط بالخرسانة والتي تجعله مؤثراً في عملية تدهور خواص الخرسانة الطبيعية الوسط ، تركيبه الكيميائى واحتوائه على مواد مؤثرة على الخواص الطبيعية أو الكيميائية للخرسانة أو منشطة لتآكل حديد التسليح . ومن أمثلة ذلك تعرض المنشآت الخرسانية المسلحة لمياه البحر أو الرزاز الحملي بالأملح أو الرطوبة العالية في المناطق الساحلية وأثر ذلك على تفتت الخرسانة ، والإسراع بتآكل حديد التسليح في المناطق الساحلية يميز وجد أنه يتراوح ما بين

تقسيم كمر مقبولة ذاتها كابوليس



١٨ - شروخ نتيجة تربة التحمل وهبوطها :

(ج) بالنسبة للتربة الطينية ... تختلف قوة تحمل هذه التربة بالنسبة لاختلاف مكوناتها ونسبة الرطوبة بها ومن المعروف أن جزئيات الطين صغيرة جداً (قطرها أقل من ٠.٠٠٢ مم) وتأثير قوة التربة الطينية وتماكس جزئياتها إلى حد كبير على ما تحتويه من رطوبة ونسبة مياه . وفي حالة فقدان كمية كبيرة من الرطوبة فإن التربة تنكمش ويتجعد عن ذلك تشققات بها وعندما يحدث ذلك أسفل أساس المبنى فإنه يحدث هبوط .. ومعدل هبوط الأرض الطينية أسفل أساسات المبنى يكون بطيئاً ويستغرق وقتاً طويلاً وليس هبوط كل مبنى مؤسس على أرض طينية يكون نتيجة للحمول الواقعة من المبنى على التربة لكن يظهر في بعض الأحيان هبوط نتيجة امتصاص المياه من التربة الطينية بواسطة أشجار أو مزروعات موجودة بجوار المبنى كما بالشكل التالي :

هذا ومن المعروف أن هناك أكثر من نوع للتربة التي يتم تأسيس المبنى عليها . فهناك التربة الصخرية بأنواعها المختلفة مثل الجرانيت والبازلت والحجر الجيري والرمل وخلافه ... وتربة غير متماصة مثل التربة الرملية والزلطية وتربة متماصة مثل التربة الطينية أو الطينية .
أ) بالنسبة للتربة الصخرية : فهي أحسن أنواع التربة من جهة الإجهادات وقوة تحملها وعدم هبوطها .. ولا يخشى من التأسيس على هذا النوع من التربة إلا في حالة وجود فوالق أو تكون طبقات رقيقة وغير متماصة أو طبقات بها شروخ ينتج عنها قصور سطحية وعادة لا تظهر شروخ في المباني التي يتم تأسيسها على هذه الأنواع من الصخور نتيجة التربة إلا إذا حدث في طبقات التربة نتيجة مؤثرات خارجية كالزلازل مثلاً .

و يحدث في بعض الأحيان في المباني المؤسدة على تربة طينية هبوط غير متساوي . فيكون في بعض الأجزاء أكبر من الأخرى ... وينتج عن ذلك شروخ مائلة تظهر عادة بالقرب من النواصي والأركان وكذا بالقرب من الفتحات كالشبابيك والأبواب كما تظهر هذه الشروخ في مباني الحوائط متخذة اتجاه العراميس على اعتبار أنها أضعف الأجزاء بالنسبة للمبنى .

(ب) بالنسبة للتربة الزلطية والتربة الرملية ... فمعدل هبوط التربة تحت تأثير حمل يكون صغيراً نسبياً ويحدث خلال السنة الأولى لإنشاء المبنى وذلك نتيجة كبر جزئيات التربة ويكون بدرجة غير محسوسة ولا تمثل خطورة على المبنى إلا إذا كانت الإجهادات المتولدة من المبنى أكبر من الإجهادات التي تتحملها التربة الرملية أو الزلطية تحت الأساسات مما ينتج عنه انهيار التربة أسفل المبنى سواء بالقص أو بالانضغاط أو بالانزلاق مما ينتج عنه ظهور شروخ رأسية (طولية) وشروخ مائلة بالمبنى تستمر في الزيادة طولياً وفي اتساعها وتؤدي إلى انهيار المبنى .

ويجدر بنا أن نذكر هنا أنه عندما يكون المبنى على تربة طينية نشيطة بالماء فإن التحميل يكون على الماء الموجود بالمسام ثم يبدأ الماء في الخروج من بين المسام فيتم انتقال الحمل على جزئيات الطين وهنا يقل معدل خروج الماء من بين المسام ويتم الوصول إلى درجة الانضغاط التام عندما يتم حمل المبنى بالكامل بواسطة

erosion في بعض أنواع التربة وخاصة تلك التي تحتوي على تراب ناعم جداً وقد تؤدي هذه الظاهرة مع الزمن إلى تصدعات خطيرة في المباني .

٦) عند محاولة تخفيض ارتفاع منسوب المياه في التربة لسبب أو لآخر بطريقة غير مدروسة uncontrolled dewatering ينتج عن ذلك أن بعض جزيئات التربة تخرج من الماء المسحوب وتحدث خلخلة في التربة soil particles wash - out تؤدي إلى هبوط فيها .

٧) يتأثر بعض أنواع التربة عن غيره بشكل أكبر عند حدوث الزلازل وخاصة إذا كان مشبعاً بالماء حيث تنصرف التربة وكأنها سائل ولذا تسمى هذه الظاهرة بسيولة التربة . ولعلاج الشروخ : الناتجة عن إجهادات التربة .. وهذه تنقسم إلى قسمان :

أ) شروخ غير خطيرة يمكن إصلاحها بتخفيف الأحمال على التربة أو بحقن التربة لتقويتها أو بعمل أساسات جديدة تساعد على تقليل الإجهادات على التربة .

ب) شروخ خطيرة يصعب معالجتها أو تكون تكلفة معالجتها مرتفعة مثل عمل خوازيق جديدة أسفل المبنى لنقل بعض الأحمال عليه ويرجع إلى باب تقوية الأساسات .

٨ - يحدث الهبوط الغير منظم في عدة أشكال إما لنتيجة مبنى قديم وبني منى جديد بجواره أو مبنى على أحماله ثقيلة والمبنى المجاور أحماله خفيفة ، والرسم التالي يبين بعض الحالات وعددها سبعة وكل حالة مختلفة عن الأخرى .

جزيئات التربة ونستنتج من هذا أن درجة الانضغاط = الهبوط بعد فترة من الوقت وفيما يلي بعض الآثار التي ترتبط

الهبوط التباين

بالماء ومدى زيادته أو انخفاضه في التربة كما يلي :

١) في التربة الغنية بالجبس والحجر الجيري يحدث انهيار في تركيبها (ينبتا الإنشائية) collapse of soil structure .

٢) تميل كثير من أنواع التربة الغنية بالمواد الطينية إلى الانتفاخ heavy of swelling soil عندما تحتوي التربة على خليط من الجبس والحجر الجيري إضافة إلى المواد الطينية فإنها تنتفخ أولاً ، ثم يتبع هذا الانتفاخ انهيار ، ويتميز الشقوق الناتجة عن مثل هذه التربة أنها تحدث في اتجاهين متعاكسين فإذا تكونت التشققات الناتجة عن انضغاط التربة في اتجاه ٤٥ درجة (مع الأفقى) قد يتبعها تكون تشققات هبوط عمودية عليها .



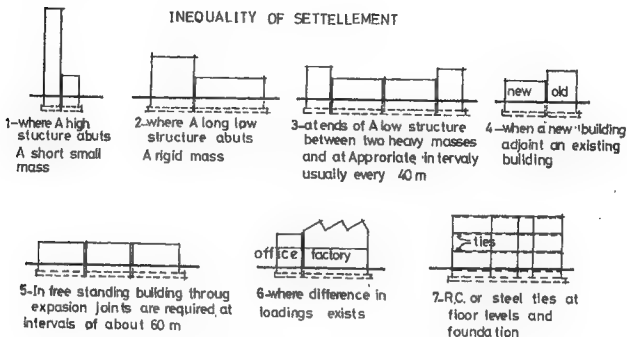
سبب الشروخ في المباني
فصل المراجعين

٣) في وجود المياه المحتوية على بعض الأملاح والمواد الكيميائية قد يتأثر بعض أنواع الصخر أو التربة المثينة فتصبح رخوة softening of soil نتيجة للتفاعلات التي تحدث بينها وبين الماء .

٤) في المناطق القريبة من البحر يكثر تواجد كحل من الأملاح minerals تحت الأرض تلوث في وجود الماء وتؤدي إلى هبوط التربة وانهارها .

٥) تسحب المياه المتسربة تحت الأساسات المواد الناعمة (التراب) معها ويحدث مع الزمن تآكل داخلي internal

INEQUALITY OF SETTLEMENT



الدسباب التي تؤدي إلى التسوية الغير منتظمة

في بعض الأحيان لصلب المبنى وإزالة العضو مع تنفيذ عضو جديد بدلاً منه أو تركيب أعضاء مجاورة أخرى مثل كمرات حديدية وخلافه ، والرسم التالي يبين أن المبنى أضيف فيه على السطح والبدروم أحمال إضافية فيجب إزالة هذه الأحمال .



وضع أحمال جديدة على المبنى بالبدروم والحمل

١٩ - شروخ نتيجة التحميل الخارجي :

تظهر هذه الشروخ في الحوائط والبياض والأرضيات نتيجة وجودها وظهورها في الأعضاء الخرسانية للمنشأ .. وتظهر عادة عندما تزيد الإجهادات الداخلية في العضو الخرساني عن أقصى إجهادات مأخوذة في الاعتبار ، وغالباً ما تكون هذه الإجهادات إجهادات شد وفي بعض الأحيان تكون إجهادات قص أو ضغط وتظهر هذه الشروخ واضحة وصرخة ومتسعة ليست شعرية وتبدأ من وجه العضو الخرساني وتمتد تدريجياً حتى جديد التسليح وبعده أيضاً في بعض الأحيان .

وعندما تظهر هذه الشروخ تكون شعرية وبتشاع حوالي ٠.١ مم ويمكن رؤيتها بالعين المجردة وتنمو هذه الشروخ منتظمة في الطول والاتساع وينطبق عليها النظريات الخاصة بالشروخ سواء عند الظهور أو بعد النمو .

وبالنسبة للشروخ التي لا تبدأ من العضو الخرساني فعادة تكون مصحوبة بتأثير إجهادات القص أو الترابط وتكون لها خاصية عدم الانتظام وكذا ظهور التقصافات في السطح .

وبالنسبة للشروخ الناتجة عن التحميل الخارجي .. فبراعى أولاً تقليل الحمل حتى لا تزيد من اتساع الشرخ وخطورته .. ولحل حالة ظهور القشور والتقصفات قبل إجراء أى إصلاح ومعالجة بعد ذلك العضو حسب حالة خطورته .. وقد يضطر

٢٠ - شروخ التآكل :

هذا النوع من الشروخ ليس بالطبيعة مثل النوعية الأولى . وهذا عادة ما يظهر شروخ هذا النوع في الأجزاء المصنوعة من خلطات ضعيفة أو متوسطة وتكون معرضة للرطوبة وتظهر هذه الشروخ نتيجة تأثير الرطوبة على الخرسانة ووصولها إلى حديد التسليح مما يتسبب في تكوين خلية متآكلة وزيادة حجم الخلية

(د) دهن وجه الأعضاء الخرسانية المدفونة تحت الأرض أو الملاصقة للأرض بطبقتين من مادة القار يساهم في حماية وجه الخرسانة المعرض للتربة من تهجم المواد الكيميائية الضارة .

(هـ) استعمال كميات كبيرة من الأسمنت وخاصة في الخلطات المحتوية على كمية عالية من الركام الناعم يساهم في تحسين نوعية الخرسانة .

(و) استعمال نسبة مياه إلى الأسمنت منخفضة في الخلطة الخرسانية يحسن نوعية الخلطة ويزيد مقاومتها .. ويوصى بأن تكون هذه هي القاعدة الرئيسية في تصميم الخلطات الخرسانية .

(ز) استعمال الطرق المناسبة لحماية ومعالجة الخرسانة الطازجة وذلك لتفادي جفاف سطح الخرسانة السريع قبل حصولها على المقاومة المطلوبة والتأكد من اكتمال تفاعل جميع كميات الأسمنت مع المياه مما يساهم كثيراً في تحسين نوعية الخرسانة .

(ح) تفادي خلط وتصنيع الخرسانة في الأجواء الحارة .
(ط) يجب قياس معدل صدأ الحديد ، والرسم التالي يبين طريقة قياس معدل الصدأ .

ويحدث انفصال الخرسانة عن الحديد في هذه الأجزاء .. وفي معظم الأحيان يظهر لون الصدأ على أسطح هذه الشروع .

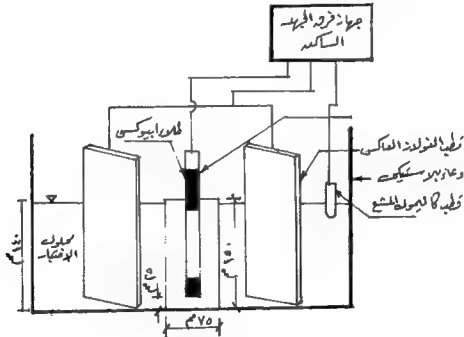
٢١ - شروح بسبب صدأ الحديد :

هذه الشروح تظهر موازنة لحديد التسليح حينما يكون الغطاء الخرساني غير كافٍ، وهناك عدة أسباب يجب اتباعها للمقاومة هذه الشروح :

(أ) تصميم خلطة خرسانية مناسبة بركام متدرج تدرجاً حبيبياً ملائماً وذلك بهدف كثافة الخرسانة وتقلص كمية الفراغات .

(ب) استعمال الخلطة الغنية بالأسمنت وخاصة من النوع الخاص لجميع الأعضاء الإنشائية والخرسانات المشيدة تحت الأرض أو الملاصقة للتربة لزيادة وتحسين مقاومة الخرسانة للمواد الضارة .

(ج) استعمال الغطاء المناسب لحديد التسليح في أي عضو إنشائي لحماية حديد التسليح . ويوصى في هذه المناسبة بالالتزام بمتطلبات المعايير القياسية الدولية المذكورة في المواصفات والمعايير العالمية الألمانية - البريطانية والمعهد الأمريكي للخرسانة .



شكل يبين جهاز قياس معدل الصدأ ..

٢٢ - شروح سببها الانتفاخ في التربة القابلة للتمدد :

من المعروف أن التربة القابلة للانتفاخ ترتفع في المكان الذي وصله الماء وتظل بلون انتفاخ في الأماكن التي لم يصلها الماء لهذا السبب يحدث تمزق وشروح ويظهر هذا في المباني الخفيفة البكرة ويقل في الأبراج العالية وتبدأ هذه الشروح من أسفل المبنى إلى أعلاه ، ولتفادي هذه الشروح يتبع الآتي :

(أ) إحلال طبقات التربة القابلة للتمدد بمواد أخرى مناسبة ... على أن يتم دمك تلك المواد دمكاً جيداً للحصول على أقصى كثافة .

تحت الماء . حيث إن هذه الطريقة تؤدى إلى تقليص فترة الإنشاء وتوفر طبقات المواد العازلة التى تستعمل عند صب الخرسانة بالطرق المأثورة .

٢٤ - شروح بسبب صنع وصب الخرسانة فى الأجواء الحارة ، القلص وتغير الحجم :

تحدث هذه الشروح عند صب الخرسانة قبل التصلد وتظهر شروح شبكية وذلك نتيجة التبريد السريع لمياه الخلطة بالإضافة إلى صب الخرسانة بأسمك كبيرة دفعة واحدة ويجب اتباع الآتى للائابة هذا الخطأ .

(أ) تقليل كمية الأسمنت فى الخلطة ما أمكن .. وخاصة لأعضاء المنشآت المعرضة مباشرة للجو الحار الجاف .

(ب) استعمال مواد مضافة مناسبة لتحسين تشغيل خلطات الخرسانة .

(جـ) استعمال أمحنت شديد التعمرة مع مادة بوزولان لتفادى أثر وجود جو حى طلق فى الخلطة الخرسانية .

(د) تفادى تصنيع وصب الخرسانة فى الأجواء الحارة .

(هـ) تخزين الزكام فى الظلال مع تظليل حديد التسليح .
(و) إذا دعت الضرورة إلى تصنيع وصب الخرسانة خلال الفترة الشديدة الحرارة . فيجب استعمال مياه مبردة فى الخلطة أو إضافة ثلج مهشم إلى مياه الخلطة على أن يتم التأكد من أن جميع الثلج قد ذاب قبل بدء عملية إضافة الماء لخلطة الخرسانة وذلك فى البلاد العربية ذات درجة حرارة مرتفعة .

(ز) تصنيع وصب الخرسانة خلال الساعات الأولى من الصباح الباكر أو فى وقت متأخر من الظهيرة حين تكون درجة حرارة الجو أقل من ٣٠° م .

(حـ) صب الخرسانة بالأحجام الكبيرة على طبقات غير مميكة نسبياً لتفادى تراكب الحرارة .

(ط) صب خرسانات أعضاء المنشأ المنبسطة بطريقة تسمح بالهدم ومن ثم تقلص الخرسانة المصبوبة دون عناء .

(ي) استعمال طرق مناسبة لمعالجة الخرسانة الطازجة وذلك لتفادى التبريد السريع لمياه الخلطة وخاصة تفادى الجفاف السريع لسطح الخرسانة .

تأثير الوقت على الشروح :

هناك عاملان ذا أهمية خاصة عند رؤية الشرح ومعانيته والنظر لانتعاش وطوله .

(أ) العامل الأول خاص بالتحميل وهل هناك تأثير لأجبال متكررة مثل حركة الماكينات وخلافه .

(ب) العامل الثانى خاص بالزحف وهو ما يرتبط بالوقت .

(ب) عمل شبكة تصريف رأسية وأفقية من الآبار الرملية قبل غمر التربة القابلة للانضغاط بالماء وقبل إنشاء الأساسات وأجزاء المنشأ الأخرى اللاصقة للتربة أو المدفونة وبذلك يمكن تصريف الموقع بكفاءة وتقليل أثر انتفاخ وتمدد التربة . وحتى يكون العلاج ناجحاً فإن التربة يجب أن تبقى مغمورة بالمياه لفترة طويلة نسبياً .

(جـ) استعمال مثبتات كيميائية من الجير والأمميت حيث يتم خلط ذلك مع التربة القابلة للتمدد خلطاً جيداً ومن ثم يجب دمكها دمكاً جيداً .

(د) حقن الجير تحت الضغط فى المناطق التى توجد بها شقوق فى التربة القابلة للتمدد والانتفاخ مما يقلل إمكانية تسرب المياه إلى التربة .

(هـ) استعمال أساسات عميقة للوصول إلى طبقات التربة المستقرة وتفادى الطبقات القابلة للتمدد والانتفاخ .

(و) عزل بلاطات الأرضيات عزلاً كاملاً والتأكد من عدم لمسها للتربة القابلة للتمدد والانتفاخ .

(ز) استعمال حصىرة مقواة من الخرسانة المسلحة للأساسات بحيث تشكل التقوية تجاويف مربعة .

(حـ) اختيار قواعد بأقل مساحة ممكنة ملاصقة للتربة القابلة للتمدد والانتفاخ .

(ط) تقليل المساحات المزروعة والتحكم فى عمليات رىها .

٢٣ - شروح سببها ضغط المياه :

تظهر هذه الشروح بالبدرومات بسبب ضغط المياه على الخرسانة ويصبح التفتت للخرسانة ظاهرة وذلك نتيجة كسر مواسير المياه ، ويجب اتباع الآتى للائابة هذا الخطأ .

(أ) تصميم حوائط وبلاطات المنشآت الخرسانية تحت سطح الأرض مثل البدرومات لتكون منشآت معزولة ومائنة لتسرب المياه مع تثبيت الأعضاء الإنشائية فى طبقات التربة المستقرة . حتى فى غياب منسوب المياه الجوفية أو تدنى منسوبها خلال مراحل الدراسة فإنه يوصى بتشييد المنشآت الخرسانية تحت سطح الأرض لتكون معزولة وتقوم ضغط المياه وتسربها من الخارج .

(ب) استعمال العوازل المائنة لتسرب المياه للمنشآت الخرسانية المشيدة تحت الأرض وخاصة فى حالة اعتياد الطرق المألوفة فى تصنيع وصب خرسانات الحوائط وأرضيات تلك المنشآت .

(جـ) صب وتشكيل الخرسانة للمنشآت المشيدة تحت سطح الأرض بطريقة التدفق أو تحت ضغط الهواء (القذف) وذلك لأعضاء المنشأ سواء كانت بلاطات أو حوائط سائنة أو مغمورة

سترات الصوديوم (Sodium citrate) بتركيز جزء واحد إلى ستة أجزاء من الماء ويمكن استعمال هيدروسلفات الصوديوم Sodium hydrosulphate بتركيز جزء واحد إلى ستة أجزاء من الماء ويترك لمدة ١٥ - ٢٠ دقيقة هذا في حالة ما إذا كان الحديد صدؤه غير متراكم، أما إذا كان صدو الحديد متراكماً فيجب إزالة الغطاء الخرساني وتنظيف أسياخ الحديد بفرشة سلك ثم دهان الحديد بمادة إيبوكسية واقية لصدأ الحديد ويعاد الغطاء الخرساني من جديد مع دهان السطح القديم بمادة لصق هي الجنرال بوند ثم تغلف عليها الخرسانة حتى يتم رجوع أركان العمود إلى أصلها .

ثالثاً : بقع الحريق :

عادة ما يسود سطح الخرسانة بفعل التبران البسيطة أو الدخان الناتج من حريق الأخشاب والتي لم يتأثر بهما العضو الإنشائي ويكون لونه أسود ولإزالة هذه البقع تزال بشيئين أولهما يمكن استعمال قطعة مبللة من القماش بمحلول من فوسفات ثلاثي الصوديوم trisodium phosphate والجير الكوردي chlorinatedlime وثانيها الحجر الخفاف أو الحصى والرمال .

رابعاً : بقع الزيت :

وهي تحدث عادة على أسطح الخرسانة وخصوصاً في المطابخ نتيجة استعمال الشحوم والزيت وفي الورش وذلك في حالة عدم تغطية الحوائط بالقيشاشي أو السراميك ، ويمكن إزالة هذه البقع بالفضيل الماء والصابون أو أي نوع قلوي لا يتفاعل مع الخرسانة .

خامساً : تلويين الخرسانة :

يتم هذا التلويين نتيجة استعمال اهتزازات بطريقة مبالغ فيها في أماكن وفي الأماكن الأخرى لا يكون المزمع مبالغ فيه وذلك عند صب الخرسانة وهذا اللون لا يسبب مشكلة ويمكن غطاؤه بطبقة من البياض .

سادساً : انتفاخ الخرسانة :

تتحصن أسباب الانتفاخ في الخرسانة في الآتي :

(١) حدوث انتفاخ نتيجة تفاعل القلوويات مع السيليكا النشطة بالركام أو انتشار طبقة الطفلة الموجودة بالركام ويحدث ذلك عند وصول الرطوبة إلى هذه الطفلة وتسبب ظهور مادة هلامية على السطح نتيجة انتفاخ الخرسانة ولعلاج هذه الحالة يجب غسل الزلط غسلًا جيدًا على طبقة مائنة من عروق خشب بين كل عرق حوالي ٥ سم ويفسل الزلط بالماء كل طبقة لا تزيد عن ١٥ سم .

وبالنسبة للعامل الأول بينت التجارب والأبحاث أنه عندما تكون الإجهادات المتولدة عن الاهتزازات والأحمال المتكررة أقل من أعلى إجهادات في حديد التسليح فيكون تأثيرها ضعيفاً إلى حد ما في هذه الحالة ويمكن إهماله .. وعلى العكس عندما تكون هذه الإجهادات أكبر من أعلى إجهادات في حديد التسليح فإن اتساع الشروخ يزيد بنسبة ٤٥٪ عن اتساعه المعتاد .

وبالنسبة للعامل الثاني فقد بينت التجارب والأبحاث أيضاً بأنه على مدى عدة سنوات يزيد اتساع الشروخ بنسبة تتراوح بين ١٥٪ - ٢٠٪ عن الاتساع المعتاد نتيجة الزحف ولكن يجب أن نضع في الاعتبار دائماً أن اتساع الشروخ عادة تكون أقل بالقرب من التسليح عن اتساعها على السطح الخارجي للعضر .

ومن المظنون أن الشروخ التي تظهر في المباني بعد فترة مدة ١٠ - ١٥ عام تقريباً وتكون درجة اتساعها في حدود ٢، - ٣م تكون غير ذات أهمية .

وقد بينت الأبحاث أيضاً أن الشروخ التي تكون اتساعها ٢م لا يظهر بها أي تآكل لحديد التسليح والشروخ التي يكون اتساعها ٥م، ظهر بها تآكل صغير .

عيوب في الخرسانة ذات أسباب متعددة

أولاً : التخليل :

من المعروف أن الأسمنت بعد الإماهة (Hydrated cement) يحتوي على هيدروكسيد الكالسيوم $(Ca(OH)_2)$ القابل للذوبان في الماء وينتج من التفاعل بين الأسمنت والجير والماء وعندما يتغلغل ثاني أكسيد الكربون الموجود بالجو داخل المسامات ويوجد الماء يتفاعل مع هيدروكسيد الكالسيوم مكوناً كربونات الكالسيوم التي تظهر في صورة ترسب أبيض اللون يعرف بالتخليل، ولإزالة هذا التخليل يتم باستخدام علول مخفف من حامض المورياتيك بتركيز جزء من الحامض إلى ٦ - ١١ أجزاء في الماء وفي حالة التخليل ونتيجة أملاح أخرى يمكن استعمال المحاليل التي تعادل هذه الأملاح ثم يغسل السطح جيداً .

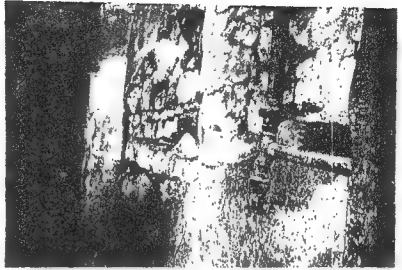
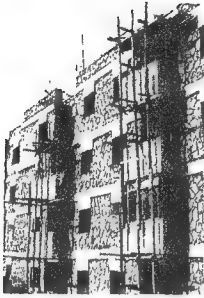
ثانياً : بقع الصدأ :

بقع الصدأ الناتجة عن صلب التسليح يدل على عيب إنشائي وتظهر هذه البقع بالقرب من الحديد أو الصلب المدفون في الخرسانة وتكون بنية اللون ولإزالة هذه البقع يتم استخدام علول مكون من ٥، كيلو جرام من بودرة حامض الأكساليك oxalic acid لكل جالون من الماء أما البقع العميقة فيستخدم

- (٢) يحصل الانتفاخ في حالة امتصاص الخرسانة رطوبة من الجو أو من الماء التي تصلها عن تلف مواسير المياه والصرف الصحي ، ولعلاج هذا إما أن تبيض الخرسانة ببياض يمنع دخول الرطوبة أو تدهن بمادة راتنجية لسد مسام الخرسانة بمنع دخول الماء .
- (٣) صدأ الحديد، وللوقاية يجب عمل خلطة متجانسة من الخرسانة بحيث لا تسمح بدخول أى مياه أو رطوبة للخرسانة وقد سبق شرح هذا باستفاضة .
- (٤) الانتفاخ نتيجة التفاعلات الكيميائية ، من المعروف أن جميع الأحماض تؤثر على الخرسانة وذلك بتفاعل الحامض مع المونة مما يقلل التماسك بين حبيبات الرطد والرمل وخاصة أملاح كلوريد الصوديوم ، ويتسبب في تساقط الخرسانة نتيجة الانتفاخ المصاحب للتفاعلات ، وللعلاج إما طبقة بياض جيدة أو دهان بمادة راتنجية لسد مسام الخرسانة .



انبعاج في تسليح العامود



هذا المبنى جديد ولم يحدث له زلزال ولكن لسوء
التفكير تمّت البلكونات وتم صلبها لإصلاحها

شكل يبين مدى الضرر الذي لحق بالمبنى نتيجة
السياب المياه من ماسورة تغذية



شروخ بالمسفل المبنى بسبب أحمال زائدة



شكل بين عامود تصدع وبالتالي تصدعت المبانى التي بجواره
بهذا الشرخ الأفقى .

الباب الثالث

اختبارات الخرسانة

يشتمل هذا الباب على الاختبارات الخاصة بالخرسانة المسلحة ويتقسم إلى أربعة فصول :

أولاً : اختبار الخرسانة ساعة الصب .
ثانياً : زيارة الموقع للوقوف على أسباب الشروخ وأى الطرق التى يحتاجها لعمل الاختبار على الخرسانة المتصلدة .
ثالثاً : اختبار الخرسانة غير المتلفة المتصلدة .
رابعاً : اختبار الخرسانة المتلفة - وسنبداً بشرح كل بند على حدة .

الفصل الأول

الاختبارات على الخرسانة أثناء التنفيذ :

يجب التأكد من استيفاء الخرسانة لمتطلباتها الواردة بمواصفات المشروع ، وعلى المهندس المتخذ بالموقع التفتيش على كل خلطة قبل صبها بإجراء الاختبار على الخرسانة الطازجة وإعداد عينات اختبار الخرسانة المتصلدة طبقاً للمعدل الوارد بمواصفات المشروع أو كلما تطلب الأمر أيهما أكثر ، وتعتبر الخرسانة مستوفية لرتبة المقاومة المميزة المطلوبة أننا التنفيذ إذا تحقق ما على :

(١) إذا كان عدد عينات اختبارات مقاومة الضغط للخرسانة أقل من ٢٠ عينة فلا تقل أية نتيجة اختبار عن رتبة الخرسانة المطلوبة ولا يزيد الفرق بين أكبر قراءة وأصغر قراءة على ٢٠٪ من متوسط جميع القراءات .

(٢) إذا كان عدد عينات اختبار مقاومة الضغط للخرسانة أكثر من ٢٠ عينة فلا يزيد عدد نتائج الاختبارات التى تقل رتبة الخرسانة المطلوبة على قراءة واحدة لكل عشرين قراءة ولا يزيد الفرق بين أكبر وأصغر قراءة على ٢٠٪ من متوسط جميع القراءات .

أسس الاختبارات :

تؤخذ عينة الخرسانة الطازجة من الخلطة بمجرد وصولها (وتكون العينة مجمعة من أجزاء مأخوذة أثناء التفريغ) ويجرى عليها الاختبار الوارد بمتطلبات الخرسانة الطازجة في مواصفات المشروع ، وفي حالة توفر إمكانيات إجراء اختبار غير الوارد

في مواصفات المشروع دون توفر الأخير يجرى الاختبار المتوفر مع ضرورة مراعاة العلاقة للكافة بين الخواص .

بمجرد الانتهاء من اختبار الخرسانة الطازجة والتأكد من استيفائها للمتطلبات الواردة بمواصفات المشروع تعد عينات اختبار المقاومة للخرسانة المتصلدة طبقاً للمواصفات القياسية المصرية وفي حالة توفر قوالب غير الواردة بهذه المواصفات تستعمل هذه القوالب مع مراعاة رفع النتائج النهائية بدلالة الخواص المميزة على العينات القياسية باستخدام معامل التحويل المذكور بالباب الأول للمواد ، وفي جميع الأحوال يجب أن يتم إعداد العينات باتباع الخطوات والإحتياطات الواردة في المواصفات القياسية المصرية وذلك في جميع المراحل - ملء القوالب - عدد طبقات الملء - زهر ودمك الخرسانة - تسوية الخرسانة - حفظ القوالب في مراحل التصلد الأولى - معالجة الخرسانة - نقلها لموقع الاختبار .
أما عن طريقة إعداد هذه المكعبات والتجربة ف يرجع إلى المواصفات القياسية المصرية في جميع مراحلها ولا داعي لسردها .

الفصل الثاني

زيارة الموقع وتنقسم إلى ثلاثة أقسام :

أولاً : دراسة المبنى إجمالاً

من المهم معاينة التصدعات من قبل المهندس الجدير ودراسة شكل هذه التصدعات وزبطها مع بعض ومع نوع الحالة الإنشائية للمبنى ودراسة الأسباب المحتملة واستبعاد الأسباب غير المحتملة ويتم ذلك بالترجح حتي يتم حصر السبب أو الأسباب المحتملة لهذه التصدعات . مثلاً يجب القيام بعمليات استقصاء عن المبنى من كافة النواحي مثل دراسة التفاصيل التنفيذية وظروف التنفيذ وهل حدثت مشكلات خلال التنفيذ أم لا وإن حدثت فما هى ، وهل حدثت مثل هذه التصدعات في المباني المجاورة أم لا وسؤال الذين قاموا بتنفيذ المبنى حول توقعاتهم عن الأسباب المحتملة للتصدعات من المقيّد أيضاً مراقبة التصدعات لمعرفة هل هذه التشققات لا تزال نشيطة أم أنها توقفت أو خمدت . ويتم هذه المراقبة وفقاً لطبيعة التصدعات .

ثالثاً : فحص المبنى من الداخل :

(٢) هل هناك شروخ نافذة في الحوائط بحيث ترى النور خارج المبنى وهنا يجب دراسة هذه الحالة حسب ما يوجد بالطبيعة .

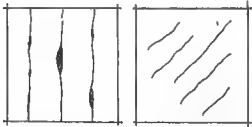
(٣) هل هناك رشح في الأرضيات الخاصة بدورات المياه ومتشعبة وهنا يجب عمل تجربة لمعرفة السبب وهي سد فتحة الحوض والبانيو من البنية وملؤها ويمكن التعرف هل التشع من أحدهما أو كلاهما ، وذلك بنقص الماء في أحدهم فيجب إصلاح التلف مع عمل طبقة عازلة لهذه الأرضية من جديد .

(٤) هل هناك هبوط في أرضيات الحجرات وهل سبب هذا الهبوط ترسيم في البلاطة المسلحة فتعالج البلاطة .

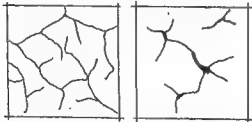
(٥) هل هناك خرسانة مسلحة للأعمدة والكمرات والبلاطات تم سقوط غطاء الخرسانة بها وظهر حديد التسليح وهل هذا نتيجة أحمال زائلة .

(٦) الأشكال التالية تساعدك على معرفة أسباب الشروخ : شكل رقم (١) يمكن أن تكون الشروخ ناتجة من انكماش الخرسانة وغالباً ما تكون هذه الشروخ والخرسانة لدنة . الشكل رقم (٢) بين الشروخ موازية لاتجاه حديد التسليح وهذه الشروخ يصاحبها تشع وخروج صدأ وفي بعض الحالات انهيار الغطاء الخرساني .

الشكل رقم (٣) بين أن الشروخ ناتجة عن تفاعل الركام مع الأسمنت حيث يتفاعل هذا الركام الذي يحتوي على سيليكات مائية مع أنواع الأسمنت التي تحوي نسبة عالية من الفلويات . الشكل رقم (٤) بين أن هناك شروخاً عشوائية وهي ناتجة من هجوم كيميائي مثل رشح من مياه الصرف ومعمله بكتريتي الأيدروجين الذي يكون أول أكسيد الكبريت ثم حامض الكبريتيك يدمر كب أ .



(2) reinforcement corrosion (1) plastic shrinkage



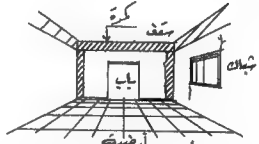
(4) sulphate attack (3) alkali/aggregate reaction

٣٥٣ الإنشاء والإنهار

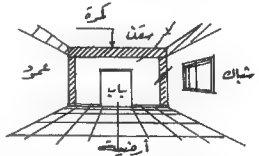
(١) هل هناك شروخ في المبانى تحت الكمرة مباشرة وهذا يدل على أن الخرسانة لم تصب مباشرة على مبانى الطوب أو على عدم الملاءة بالمونة جيداً عند نهاية المبانى ووصلها بالكمرة الخرسانية المصبوبة سابقاً والرسومات التالية تبين بعض أنواع الشروخ الداخلية ومدى خطورتها والواجب اتباعه نحو هذه الشروخ .



سقف أخفى داخل صر الكمرة والحائط أو أعلى أو أسفل السقف نتيجة اختلاف مود البناء وعدم صب الخرسانة على المبانى مباشرة وقد فوضته ويمكن ترميمه .



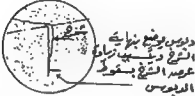
شروخ رأسية مدعومة للمدعومة الخرسانية وقد فوضته منه ويمكن ترميمه .



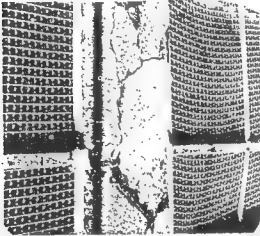
شروخ أفقية أصابها الفقرة والمواد وهو ناتج عن حركة المياه المسافرة ولهذه رضية مما يجب إخمادها وت يمكنه عموماً لهيكله لدرجة تأثر الأساسات كغيرها من المبنى

ثالثاً : وضع دبوس : يمكن وضع دبوس في نهاية الشرخ فإذا زاد عرض الشرخ وقع الدبوس .

وضع دبوس



رابعاً : تصدعات التحلل : تصدعات التحلل يتم مراقبتها عن طريق إزالة الطبقة الخرسانية المتحللة جميعها أو العودة إليها وفحصها بعد فترات زمنية لمعرفة هل حصل تحلل جديد أم لا وقياس عمق الطبقة التي تحللت خلال هذه الفترات الزمنية بمعرفة معدل تغير التحلل .



رسم يبين تصدعات التحلل بعمود

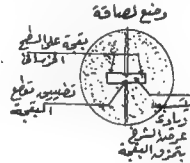
خامساً : طريقة القياس المعايير : القياس المعايير هو عبارة عن ميكروسكوب صغير يمكن استعماله باليد ولعدسته الملائمة مسطح تخرج يكون عليه الملاحظات الخاصة بأوصاف الشرخ وحديد التسليح والتطوير الذي حدث على سطحه كما في الشكل التالي ، ويمكن مراقبة التحرك واتساع الشرخ بواسطة المئين الميكانيكي ، ويمكن تحديد مقاومة واتساع الشرخ على الرسم الخاص بالمشأ وعن طريق عملي خطوط رأسية وأفقية على السطح للمنشأ يمكن أن تساعد كثيراً في تحديد مكان الشرخ على الرسومات ويمكن قياس اتساع الشرخ حتى ٢٥ مم كما يمكن مراقبة التحرك الذي يحدث في الشرخ من زيادة الانساع أو العمق وذلك عن طريق المئين الميكانيكي كما في الشكل (أ) .

أما في الشكل (ب) فيقوم بنفس العمل السابق مع إمكانية

الفصل الثالث

اختبار الخرسانة غير المتلفة للخرسانة المتصلدة :

أولاً : عمل بقجة : تتم مراقبة الشروخ عن طريق دهن المنطقة المتصدعة بمادة هشة Brittle بحيث تنكسر هذه المادة بسهولة عندما يكون التصدع نشيطاً ومن الممكن عمل بقجة والبقجة عبارة عن وضع شريط من الجبس عمودى على الشرخ بطول ١٥ سم وعرض ٣ سم وارتفاع ١,٥ سم وتوضع هذه البقجة على الخرسانة المسلحة مباشرة وفي حالة زيادة الشرخ فبالإمكان سيم شرخ البقجة ويمكن القياس بإحدى الطرق التي سنشرحها فيما بعد : كما في الشكل التالي .



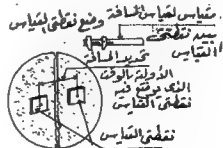
ثانياً : تأخير نهاية الشرخ : تعمل إشارة عند نهاية الشرخ فإذا كان الشرخ نشيطاً سيزداد طول الشرخ لما بعد الإشارة .

تأخير نهاية الشرخ

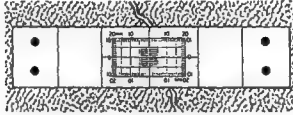


الشرخ تأخير نهاية الشرخ لا يحدد

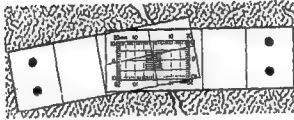
ويم قياس هذه الشروخ بوضع إشارتين تحصران بينهما منطقة الشرخ وقياس المسافة بين كل فترة زمنية معينة بطريقة تشابه طريقة القياس للشرخات .



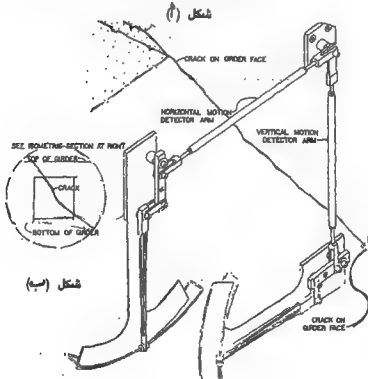
تكبير الحركة في الشروخ إلى ٥٠ مرة وكذلك يعين المدى والمقاييس الميكانيكية تتميز بأنها ليس من الضروري حفظها المحتمل لحركة اتساع الشروخ وذلك أثناء فترة القياس ، وفي من الرطوبة وقد تظهر العيوب والمشاكل في الهيكل الخرساني حالة رصد الشروخ وحركتها لمدد طويلة فيمكن عمل ذلك عن في وقت متأخر أو مبكر حسب نوع هذه العيوب .
طريق استعمال شرائط يمكن حفظها ويرمجتها بالحاسب الآلي .



Newly Mounted Monitor



Monitor After Crack Movement



طريقة دقيقة لقياس الشروخ بطريقة القياس المياري

والجدول التالي يوضح هذه العيوب وأعراضها ووقت ظهورها

السبب	الأعراض			فترة الظهور	
	شروخ	تشظى	تآكل	مبكرة	متأخرة
العجز الإنشائي	×	×		×	×
تآكل الحديد	×	×			×
الهجوم الكيميائي	×	×	×		×
الصقيع	×	×	×	×	×
الحريق	×	×		×	
الإجهادات الداخلية	×	×			×
تأثير الحرارة	×	×		×	×
الانكماش	×	×		×	×
الزحف	×	×			×
سرعة الجفاف للخرسانة	×	×		×	

سابعاً : اختبار وندسور Windser prop

يتم الاختبار بإطلاق طلاقات Pins وهي تتكون من أسياخ رفيعة لها طول وقطر محددان بداخل السطح الخرساني من ممدس مخصوص - وهذه الأسياخ من الصلب المقوى - وهذا الاختبار يعمل على تقدير مقاومة الخرسانة المتصلدة ويمكن الحكم على قوة الخرسانة بقياس الجزء من الطلقة prop الذي لم يدخل في العضو الخرساني .

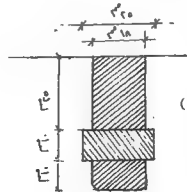
ثامناً : المنظار المكبر المقارن للشروخ : Crack comparastor
هذا الميكروسكوب ذو دقة وكفاءة عالية لقياس اتساع الشروخ حتى ٠.٢٥ مم (١ / ٤٠ مم) ونسبة التكبير ٣٥ ضعف ويجعل باليد مزود بقياس على العدسة (scale) القريبة من السطح الذي يتم فحصه ويقاس الشرخ في أماكن متعددة بحيث يمكن رسم شكل الشرخ على رسم بسيط (sketch) للعضو الخرساني وتحديد اتساع الشرخ من نقاط مختلفة .

سادساً : اختبار نوع كابو : Capo test

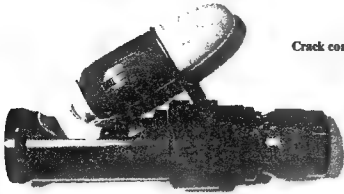
هذا الاختبار يتم بعمل ثقب في الخرسانة ثم يوضع قضيب مخصوص له قرص عرضي في هذا الثقب ويتم خطوات العمل كالتالي :

— يتم حفر ثقب بعمق ٤٥ مم وبقطر ١٨ مم عمودى على سطح الخرسانة ويعمل قطاع عرضي لهذا الثقب عند عمق ٢٥ مم بقطر ٢٥ مم وارتفاع ١٠ مم ويتم هذا الثقب عن طريق ماكينة تفريز يدوية حسب الشكل التالي ثم يتم وصل قرص ممدد من نوع خاص ذو قطر خارجي ١٨ مم بمسمار قلاووظ ويجرى إنزاله في الثقب حتى يصبح القرص أمام القطاع العرضي ثم يلف المسمار حتى يتمدد القرص تدريجياً من ١٨ إلى ٢٥ مم حتى يملأ القطاع العرضي .

— يتم نزعه باستعمال أسطوانة مفرغة سبق معايرتها وبعد قياس قوة الجذب المطلوبة يمكن الحصول على مقاومة الخرسانة للضغط من المنحنيات الخاصة بذلك .

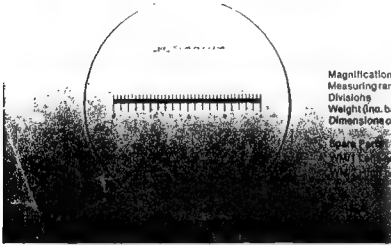


اختبار الجذب (نوع كابو)



النظار المكبر (الجهاز المقارن للشقوق) Crack comparator

exam.



جهاز مقياس الفطاء الخرسانى والكشف عن وجود تسليح



تاسعاً : جهاز مقياس الفطاء الخرسانى والكشف عن وجود حديد التسليح :

هذا الجهاز أداة نشيطة وسهل التعامل به حيث تعمل الرأس الباحثة عن الأسياخ بالكهرباء عن طريق بطارية ٩ فولت والقلب الداخلى عبارة عن مادة معدنية على شكل حرف U داخل علية ١٠٠ × ٥٠ × ٢٥ مم وهذا القلب له ملفان منفصلان ملفوفان حول ذراعيها إحداهما تغذى تيار متردد ويتصل الآخر بمقياس الكشف عن التيار الكهربائى الذى يقيس فرق الجهد المتكون عندما يكمل جسم معدنى الدائرة . والأسياخ للدفونة فى الخرسانة هى الجسم المعدنى ويجب الإدراك على الأشياء التى تؤثر على القراءات مثل الكانات ووصلات الحديد والمسامير . هذا ويصل عمق الفحص إلى ١٠ سم من السطح وظهرت مقاييس حديثة تكشف عن صلب التسليح لأعماق أكثر من ٦٠ سم ولها القدرة على تحديد قطر السليح .

عاشراً : جهاز المطرقة المرتدة : مطرقة شميدت

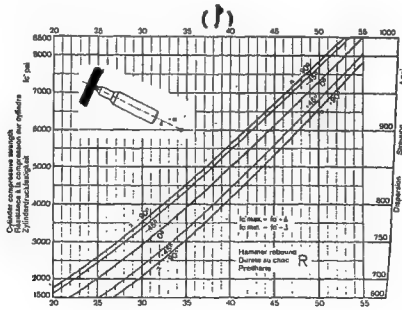
Schmidt hammer

وهذا الجهاز يعمل على قياس الصلابة السطحية للخرسانة المتصلدة ويعطي فكرة عن مقاومة الخرسانة المتقوية .

وتقوم الفكرة الأساسية لهذا الجهاز على صدم زمبرك معاير على دافعة ملامسة مباشرة لسطح الخرسانة المراد اختبارها ثم ارتداد هذا الزمبرك مرة أخرى وقياس مقدار هذا الارتداد ويسجل هذا الارتداد رقماً يسمى رقم الارتداد وتؤخذ مجموعة من المنحنيات للمحول المختلفة على سطح الخرسانة ابتداء من الزاوية - ٩٠ حتى + ٩٠ .

ولكن يكفى الإشارة إلى أهم هذه النتائج للتقدير استعمال هذه الطريقة السهلة والمبسطة دون مراعاة للمحاذير التي تصاحبها كما يفعل كثير من المهندسين عندما يعملون على حمل هذه المطرقة إلى المبنى المراد تقويمه وبعد قيامهم باستعمالها في عدة أماكن مختلفة يصلون إلى نتيجة غير مضمونة والسبب في ذلك راجع إلى أن مثل هذه المطارق إما تمارى على أساس نوع محدد ومعين من الخرسانة بركام وأصمت وظروف خاصة وضعها الصانع وهي إذاً صالحة لثل هذه الظروف فقط ولذلك فعل الأقل لا بد من معايرها للظروف المطلوب استخدامها فيها علماً بأن مجال الخطأ للتقيم بعد المعايرة قد يصل إلى $\pm 20\%$ في حالة الخرسانة الجيدة وإلى 50% في حالة الخرسانة السيئة.

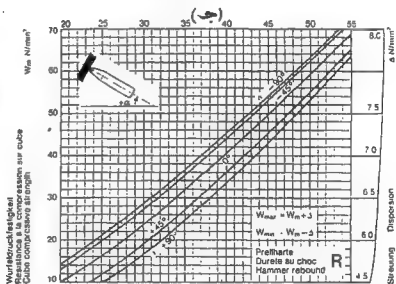
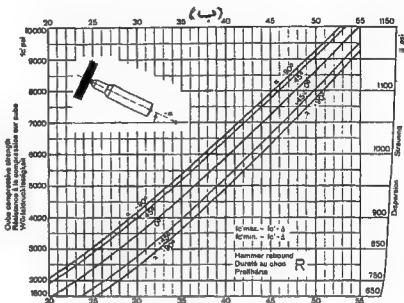
وبشكل عام تتأثر نتائج المطرقة بنوعية الركام وتدرجه ومقاسه الاعتباري الأكبر ويكمية الحجر الأمتي ، فكلما كان التدرج خشناً والمقاس الاعتباري الأكبر للركام أكبر وكمية الحجر الأمتي، أقل كلما كانت إمكانية وقوع الضربة على حبيبة من حبيبات الركام أكبر . مما يؤدي إلى نتائج غير صحيحة ويزداد رجوع الضارب كلما كان معامل مرونة الركام أكبر ، هذا بالإضافة إلى أن التجارب القائمة على استعمال الضارب إنما تقيس صلابة السطح وعادة ما يتعرض سطح الخرسانة لعوامل غير تلك التي يتعرض لها بقية المقطع من الداخل ولهذا السبب فإنه من السهل اختبار مقاومة السطح مقاومة لكامل المقطع وتلعب المعالجة وامتصاص الماء وكرنية الأمتي على السطح دوراً كبيراً في اختلاف مقاومة السطح عن مقاومة قلب الخرسانة كما تؤثر نوعية الشدة ومدى امتصاصها ونفاذيتها للماء على نتائج القراءات ، فمثل سبيل المثال تكون الجهة السفلية للبلاطة الملامسة للشدة أكثر صلابة من الجهة العلوية وفي حالة الخرسانة الجافة القديمة جداً والتي يكون سطحها أكثر صلابة من داخلها يكون رقم الارتداد أكثر من الخفيفة . وفي حالة الخرسانة الرطبة التي تكون سطحها غالباً أقل صلابة من داخلها يكون رقم الارتداد أقل من الخفيفة . والرسومات التالية (أ ، ب ، ج) منحنيات تبين العلاقة بين رقم ارتداد المطرقة ومقاومة الضغط (د) والرسم (هـ) مطرقة شميدت بالعداد لاختبار قوة الخرسانة والعداد يسمح وجوده بإجراء عدة اختبارات السرعة (.)



(٤)



(٣)



الاحتياطات الواجب اتخاذها عند استعمال المطرقة :

- لا بد من معايرة المطرقة على نوعية الخرسانة المستخدمة في المنشأ ولكن يمكن استخدامها دون معايرة للكرينة وأن تكون الأسطح ناعمة ومنظمة وليست خشنة والأبعاد عن الأجزاء ذات الكثافة العالية لأنها تغطي رقم ارتداد كبير جداً .
- بعد إيجاد علاقة واضحة بين قيم المطرقة والقيم الناتجة عن اختبار القلوب يمكن استخدامها في الحكم على بقية الأعضاء .
- في حالة البلاطات الخرسانية ذات سمك أقل من ١٠ سم يجب سند الجزء المختبر لتلاشي الاهتزازات الناتجة عند تحافة تحت تأثير الصدمة .

- يتم أخذ عدد ١٥ قراءة على الأقل لرقم الارتداد بين كل موقع للقراءة والأخرى لا يزيد عن ٣ سم ثم تأخذ متوسط

العالية تتمتع الأشعة أكثر من التي هي أقل كثافة ، علماً بأنه كلما زادت كثافة الجزء المعرض للأشعة كلما قلت الأشعة النافذة منه والساقطة على اللوح الحساس أو فيلم الأشعة . والعكس صحيح في حالة وجود فراغات أو شروخ أو كانت الكثافة صغيرة فإن الأشعة النافذة لها والساقطة على فيلم الأشعة تكون كثيرة فيظهر سواد على ذلك الفيلم في مكان الشروخ أو مكان التعشيش علماً بأن كمية الأشعة الممتصة تناسب طردياً مع كثافة الخرسانة وبالتالي يمكن معرفة مدى الأشعة الممتصة .

طريقة إجراء الاختبار :

يتم استقبال الأشعة الممتصة وذلك بواسطة عمل حوروم بالخرسانة بقطر حوالى ٥ سم وعلى مسافة حوالى ٢٥ سم ويتم ربط مصدر الأشعة داخل أحد هذه الثقوب كما يربط لنفس الارتفاع في الثقبين المجاورين لهذا الثقب عداد جيجر وموليير .
ثاني عشر : جهاز الكشف على أماكن التسليح باكوميتر Packometer

هناك أنواع من الباكوميتر لها قدرات محددة منها ما هو يمين مجرد إعطاء فكرة عن وجود تسليح من عدمه ومنها نوع متطور يمكن معايرته بحيث يعطى للقياس أو كان العمق معروفاً أو تعطى عمق التسليح أو كان مقياس السيخ الحديد معروفاً .
وفي بعض الأحيان يلزم تكسير الغطاء الخرساني في الحالة التي لا يعطى فيها الجهاز نتائج واضحة حتى يمكن التعرف على قطر السيخ وخاصة عندما يكون بالعضو المراد اختباره به تسليح كثيف congested أو في الحالات التي تشك فيها أن التشققات سببها تآكل التسليح والجهاز كما في الشكل التالي .

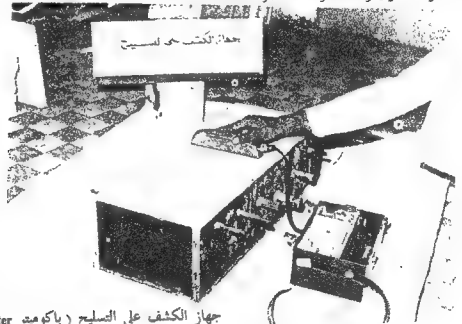
القراءات لتلاقي تأثير الجيوب الهوائية في سطح الخرسانة .
٥) لا بد من معرفة العوامل المؤثرة فيها حتى يمكن أخذ ذلك في الاعتبار كما أنه لا بد أن يكون القارئ بالتجربة متدرباً عليها ، وكثيراً ما يحدث أن نرى المهندس يقوم بضرب المونة التي تغطي الخرسانة بواسطة مطرقة شميدت بدلاً من إزالة المونة وضرب سطح الخرسانة مباشرة وقد لا يلاحظ أثر الركام والتسليح وغير ذلك مما يقتضيه فن ومهارة القياسات غير المتلفة . اختصاراً لبعض العوامل المؤثرة في مطرقة شميدت .

٦) يمكن اعتبار رقم الارتداد المتوسط مقبولاً عندما تكون هناك ١٠ قراءات من ١٥ قراءة لا تتحرف عن المتوسط بأكثر من $\pm 2,5\%$.

حادى عشر : اختبار بطريقة أشعة جاما : Gamma ray back

١) هذه الطريقة يمكن بها تقدير جودة وكثافة الخرسانة ، والكشف عن أى عيوب بالعضو الخرساني وهي باستخدام أشعة جاما لتصوير الجزء الخرساني المراد اختباره على مسافة حوالى ٦٠ سم ويوضع على الخرسانة في الجزء المقابل للجهاز فيلم الأشعة ملاصقاً للخرسانة ومغلفاً من الخارج برقائق الرصاص لمنع تسرب الإشعاع ويتم تعريض الخرسانة للأشعة مدة مناسبة يتم بعدها فحص القيم ومن خلال هذا الفيلم تظهر الشروخ والفراغات في الخرسانة كخطوط سوداء وتظهر أسياخ صلب التسليح كخطوط بيضاء كما يمكن لهذا الجهاز أيضاً تحديد أماكن الفراغات الداخلية الخفية في كتلة الخرسانة ويمكن تحديد كثافة الخرسانة بواسطة تقدير مدى امتصاص الخرسانة للأشعة باستخدام عداد جيجر وموليير .

٢) ولمعرفة أجزاء الحديد التي بها صدأ يظهر أقل يابضاً من الأجزاء الأخرى وذلك نظراً لأن الأجزاء المصمتة ذات الكثافة



جهاز الكشف على التسليح (باكوميتر Packometer)

ثالث عشر : جهاز الخلية النصفية (النحاس والنحاس الكبريتي)
 هذا الجهاز يساعد على اكتشاف مدى استبعاد التسليح للصدأ بواسطة قياسات كهربية والفاصلة كبيرة من هذا الاختبار غير المتلف وهو تحديد أجزاء المنشأ التي تحتاج إلى فحص أدق والذي قد يتضمن ولا يقتصر على استخراج القلوب الحرسانية (الاختبارات المتلفة) .

رابع عشر : جهاز يسمى Crackase لقياس حالة الشروخ هذا الجهاز يتكون من أداة حفر ماسية ٣٥ مم وملحقاتها ويلزمه تيار كهربائي عادي أو من البطارية. وأبعاده ٣٠٠ × ٤٠ × ١٠٠ مم عرض × طول × ارتفاع ووزنه حوالي ٨ كجم وهذا الجهاز يحدد عمق الشروخ وتقدير نوعية وعمق مونة الإيبوكسي اللازمة لحقن الشروخ .



جهاز قياس حالة الشروخ crackase

بالخرسانة تحت الاختبار يحدث انخفاض في سرعة الموجة المحسوبة وبذلك يمكن تعيين مدى العيوب بدقة .
 وقياسات سرعة الموجة لمكونات الخرسانة يمكن استخدامها لأغراض مراقبة النوعية والجودة بالمقارنة بالاختبارات الميكانيكية على عينات مراقبة الجودة مثل المكعبات أو الأسطوانات وتتميز قياسات سرعة الموجة بالتغير المباشر عن خرسانة المنشأ أكثر من العينات والتي لا تمثل تمثيلاً كاملاً لخرسانة المستخدمة في العمل .

(أ) القواعد الأساسية لهذه الطريقة :

(١) انتشار الموجات فوق الصوتية في الخرسانة :
 الموجة ذات التردد الطولي تنتج بواسطة ناقل كهروصوتي الذي يحفظ به ملامساً لسطح واحد من الخرسانة تحت الاختبار وبعد انتقالها لطول مسار معروف (ل) في الخرسانة فإن موجة الترددات تتحول إلى إشارة كهربية بواسطة ناقل ثنائي ودوائر زمينة الكهرونية تمكن من قياس زمن الانتقال (ت) .

ل

سرعة الموجة (ع) يمكن التعبير عنها كالآتي : ع = $\frac{ل}{ت}$

ويعين الناقل المستقبل على الجهاز مركبة الموجة التي تصل ميكراً وهذه هي حافة الدليل للتردد الطولي .

خامس عشر : الاختبار بقياس سرعة الموجات فوق الصوتية للخرسانة : Ultrasonic - plus - velocity (U.P.V)
 تعريف زمن الانتقال :

زمن الانتقال : هو الزمن اللازم لانتقال موجة فوق صوتية من الناقل المرسل إلى الناقل المستقبل ماراً خلال الخرسانة المحصورة وعلى الجهاز تعيين حافة دليل الموجة بواسطة الناقل للمستقبل .

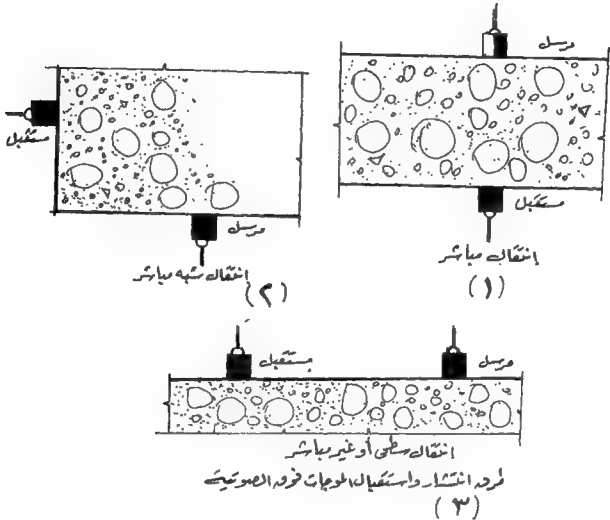
ما هي الأغراض التي يطبق فيها قياس سرعة الموجات فوق الصوتية للخرسانة ؟

الغرض من هذه الطريقة هو قياس سرعة الموجات ذات الترددات الطولية المارة خلال الخرسانة وهذه القياسات قد تستخدم لتعيين :

- (١) تجانس الخرسانة .
 - (٢) وجود شروخ أو فراغات أو عيوب أخرى .
 - (٣) التغير في مكونات الخرسانة الحادث مع الوقت .
 - (٤) نوعية الخرسانة بالعلاقة مع المتطلبات القياسية .
 - (٥) نوعية عنصر ما من الخرسانة بالعلاقة مع عنصر آخر .
 - (٦) قيم معايير المرونة للخرسانة .
- عند تواجد منطقة ذات دمك ضعيف أو فراغات أو تالفة

- (١) أوجه متقابلة (نقل مباشر) .
 (٢) أوجه متجاورة (نقل شبه مباشر) .
 (٣) نفس الوجه (نقل غير مباشر أو سطحي) وهذه الثلاث أوضاع موضحة في الشكل التالي ١ ، ٢ ، ٣ .

ومع أن اتجاه انتشار الطاقة العظمى يكون على زوايا قائمة مع وجه النقل المرسل إلا أنه من الممكن تعيين الموجات التي تنقل في اتجاهات أخرى خلال الخرسانة .
 ولهذا فمن الممكن عمل قياسات سرعة الموجة بوضع الناقلين على أى من :



(ب) أحكام اتصال الموجة مع الخرسانة :

ذات سعة ٢٪ أو ٣٪ من تلك التي تنتج بواسطة النقل المباشر وعلاوة على ذلك هذا الوضع يعطى قياس سرعة الموجة التي تتأثر دائماً بطبقات الخرسانة السطحية وهذه الطبقة قد تكون من مكونات مختلفة عن الطبقات الأعمق في الخرسانة وتنتج هذا الاختبار قد لا تمثل الخرسانة كلها .

لمعظم أسطح الخرسانة يكون التشطيط ناعماً بدرجة كافية ليؤمن تلامس صوتي جيد باستخدام وسط اتصال وبواسطة ضغط الناقل ضد سطح الخرسانة .

وأوساط الاتصال المتعارف عليها هي عجائن بترولية ، شحم ، صابون ، سائل كاولين ، وعجائن جليمرية .

(ج) قياس سرعة الموجة في الخرسانة :

(١) اختيار وضع الناقل :

ويجب أن يستخدم هذا الوضع فقط عندما يكون وجه واحد من الخرسانة يمكن الوصول إليه أو عندما تريد تعيين عمق شرخ سطحي أو عندما يهمن أن تعرف نوعية الطبقة السطحية بالنسبة لكل الخرسانة .

يفضل وضع النقل المباشر لأن الطاقة العظمى للموجة توجه للناقل المستقبل وهذا يعطى حساسية عظمى . أما وضع النقل غير المباشر فهو الأقل حساسية وينتج على الناقل المستقبل إشارة

٢٠ ملليمتر فأقل ٢ كذلك فهو ١٥٠ ملليمتر للخرسانة التي يتراوح فيها المقاس الاعتيادي الأكبر للركام بين ٢٠ ، ٤٠ ملليمتر .

٥) شكل وحجم العينة : يجب أن لا يقل البعد العرضي عن ٨٠ ملليمتر عندما يكون التردد الطبيعي للنقل المرسل ٥٠ كيلو هيرتز وفي حالة قياس سرعة الموجة في عينة خرسانية بأبعاد تقل عن ذلك يجب استخدام النتائج بحرص .

٦) تأثير أسياخ التسليح : عادة ما تكون سرعة الموجات المقاسة في الخرسانة المسلحة عند تواجد أسياخ جديد التسليح أعلى من الخرسانة العادية ذات نفس المكونات وهذا يرجع إلى أن سرعة الموجات في الصلب تعادل من ١,٢ إلى ١,٩ ضعف السرعة في الخرسانة وتحت ظروف خاصة يمكن للموجة الأولى الوصول إلى الناقل المستقبل عن طريق السريان جزئياً في الخرسانة وجزئياً في الصلب وذلك في الأحوال الآتية .
(أ) عندما يكون محور أسياخ التسليح عمودياً على اتجاه الانتشار .

جدول يبين معاملات التصحيح لتأثير أسياخ التسليح على اتجاه انتشار الموجة

ل ل	سرعة الموجة في الخرسانة ع خ كجم / ث		
	ع خ = ٤	ع خ = ٣	ع خ = ٥
٠,١٠	٠,٩٦	٠,٩٥	٠,٩٨
٠,١٥	٠,٩٥	٠,٩٢	٠,٩٧
٠,٢٠	٠,٩٣	٠,٩١	٠,٩٦
٠,٢٥	٠,٩٢	٠,٨٨	٠,٩٥
٠,٣٠	٠,٩٠	٠,٨٥	٠,٩٥

ل = طول المسار الكلي .

ل ت = طول المسار الكلي خلال أسياخ التسليح .

(ب) انحراف لأسياخ التسليح يوازي اتجاه الانتشار :

يجب تصحيح قيمة سرعة الموجة تأخذ في الاعتبار تأثير تواجد أسياخ التسليح وسوف يعتمد ذلك على المسافة بين خط المسار وحافة أقرب سيخ تسليح ويمكن توقع تأثير أسياخ التسليح على القياسات التي تحقق النسبة ل / ف حتى ٠,٢٥ للخرسانة ذات الجودة المنخفضة وحتى ٠,١٥ للخرسانة ذات الجودة العالية حيث (ف) هي المسافة بين خط المسار وحافة أقرب سيخ تسليح ، ويوضح الشكل التالي تأثير تواجد

وطول المسار في هذه الحالة يمكن اعتباره أنه المسافة بين مركزي وجهي الناقلين .

٢ - درجة دقة قياس طول المسار :

يجب أن تكون درجة الدقة أحسن من $\pm 1\%$ ويمكن السماح بزيادتها $\pm 1,5\%$ للمسارات الأطول من ٥٠٠ ملليمتر ذلك إذا علمنا أن درجة دقة القياس الزمن لهذا المسار أفضل من 1% .

د) درجة دقة قياس سرعة الانتقال :

يجب أن تكون درجة دقة قياس زمن الانتقال أفضل من $\pm 1\%$ وذلك كما هو موضح في الشكل السابق رقم (١).

تأثير ظروف الاختبار على قياس سرعة الموجة :

١) ظروف السطح : يفضل أن تكون النواقل من تلامس مع أسطح الخرسانة التي تم صبها على شدة أو أورنيك لأنه قد تكون الأسطح لمكونة أخرى (كمثال الجمل) ذات خصائص تختلف عن مادة الجسم الرئيسي .

وإذا كان من الضروري العمل على هذا السطح فإنه يفضل أن يقاس على مسار أكبر من المستخدم في الأحوال العادية .

ويجب أن لا يقل المسار عن ١٥٠ ملليمتر لطريقة النقل المباشر على أن يكون أحد السطحين مصبوبة على شدة على الأقل ولا يقل عن ٤٠٠ ملليمتر للطريقة غير المباشرة عبر سطح مصبوب على شدة .

وعندما لا نستطيع أن نتجنب سطح خشن (خاصة المساحة التي يجب أن تلامس مع الناقل) يجب أن تتم تسوية سطحها أو ملئها للحصول على سطح أملس باستخدام مادة مناسبة بأقل سمك (كمثال بلاط باريس أو مونة أمنت أو مادة إيوكسية على أن يتم السماح بفترة زمنية لتصلب المادة السائلة) .

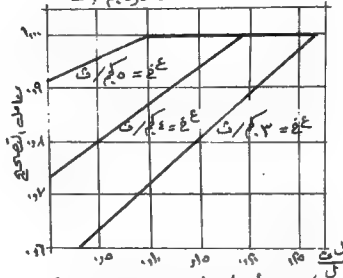
٢) محتوى الرطوبة : يؤثر محتوى الرطوبة للخرسانة تأثيراً بسيطاً على سرعة الموجة وللمنشآت الخرسانية العادية والموجودة في حالة تشبع يمكن حدوث زيادة في سرعة الموجة حتى 2% أعلى من نفس الخرسانة في حالة الجفاف وفي حالات خاصة يمكن أن تصل هذه النسبة إلى 5% علماً بأن أي محتوى الرطوبة يضعف تأثيره على سرعة الموجات خلال الخرسانة ذات القوة العالية عن الخرسانة ذات القوة المنخفضة .

٣) درجة حرارة الخرسانة : لوحظ أن تغير درجة حرارة الخرسانة بين 5° إلى 30° درجة مئوية لا يؤدي إلى تغير ملحوظ في قيمة سرعة الموجة المقاسة في الخرسانة .

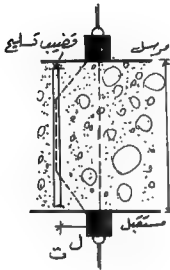
٤) طول المسار : أقل طول مسار هو ١٠٠ ملليمتر للخرسانة التي لا يؤيد أقصى مقاس اعتيادي للركام فيها عن

أسيخ موازية لمسار الموجات على السرعة عندما تكون $C = 0.5$ كجم / ث .

$$C = 0.5 \text{ كجم / ث}$$



شكل يبين تأثير أسيخ السليم على سرعة الموجة
لأسيخ موازية لمسار الموجة



(ج) تغير القياس عند تغير خصائص الخرسانة :

التغيرات الحادثة في خصائص الخرسانة مع الوقت تكون إما بسبب عملية الهرجة أو تأثير البيئة المتلفة أو للتحميل الزائد ويمكن تحديدها بواسطة تكرار القياسات لسرعة الموجة في توقيتات مختلفة .

وتمثل التغيرات المقاسة في سرعة الموجة التغيرات الحادثة في القوة وتتميز بإمكان تنفيذها على فترات زمنية متتالية على نفس عينة الاختبار خلال البحث .

وتفيد قياسات سرعة الموجة لمتابعة عملية التصلب وعلى الأخص خلال أول عملية للتصلب وعلى الأخص خلال أول ٣٦ ساعة وهنا تحدث تغيرات سريعة في سرعة الموجة مرتبطة مع التغيرات الفيسيوكيماوية الحادثة في مكونات الأسمنت وعادة ترغب في أن تم القياسات على فترات من ١ إلى ٢ ساعة إذا تطلب متابعة دقيقة هذه التغيرات وعند تصلب الخرسانة يمكن زيادة هذه الفترات إلى يوم واحد أو أكثر وذلك بعد مرور فترة ٣٦ ساعة من بدء الصب .

يمكن حدوث تلف للخرسانة نتيجة مهاجمة مواد متلفة أو بواسطة التجمد أو ذوبان الجليد وكتيجة لذلك يحدث انخفاض في سرعة الموجات ويمكن متابعة التلف المتتالي بواسطة تنفيذ قياسات متتالية لسرعة الموجات ويفضل أن يكون امتداد العينة تحت الاختبار في مواضع التحقيق أعلى نسبة من طول السطح المعرض للسملك وحيث تكون التغيرات ملحوظة بوضوح .

جد (تأثير الإجهاد : عندما يتم تعريض الخرسانة لإجهاد عالي بدرجة غير عادية بالنسبة لنوعية الخرسانة يمكن حدوث انخفاض في سرعة الموجة نتيجة تكون شروخ ميكروسكوبية .

(و) تجانس الخرسانة : في حالة عدم تجانس الخرسانة المكونة لعنصر يحدث بالتالي تغير في سرعة الموجة كنتيجة للتغير في النوعية وتوفر قياسات سرعة الموجة طريقة لدراسة التجانس عن طريق اختيار نقط قياس تغطي بانتظام الحجم التقريبي لخرسانة المنشأ علماً بأن الفواصل بين نقط الاختبار تجمد على حجم المنشأ ودرجة الدقة المرغوب فيها والتغير الحادث في نوعية الخرسانة أما في المنشآت الكبيرة ذات الخرسانة المنتظمة يمكن القياس عند أركان شبكة ١ × ١ متر .

أما في المنشآت الأثقل حجماً وذات الخرسانة المتغيرة يمكن استخدام شبكة أقل من الأبعاد المذكورة ويمكن التغير عن التجانس على هيئة عناصر إحصائية مثل الانحراف المعياري لقياسات سرعة الموجة على امتداد شبكة القياس .

ويمكن استخدام هذه العناصر لمقاومة التغيرات الحادثة في أجزاء خرسانة متائلة الأبعاد .

ودرجة أهمية هذه التغيرات يجب الحكم عليها آخذين في الاعتبار التأثير المتوقع حدوثه عليها من خلال أداء العناصر الإنشائية الخنيرة ، وهذا يعني أن التغيرات المسموح بها في النوعية بين العناصر المختلفة يجب أن تكون منسوبة لتوزيع الإجهادات عليها تحت تأثير ظروف أحمال التشغيل الهرجة أو ظروف تعرضها .

(ح) جهاز القياس :

على هذه الظروف بواسطة المورد .

(٢) النواقل :

يمكن استخدام نواقل ييزو إلكتروك ومغناطيس دقيق علماً بأن الأخير أكثر ملائمة لمدى التردد المنخفض والتردد الطبيعي للنواقل يجب أن يتراوح من ٢٠ وحتى ١٥٠ كيلو هرتز وقد وجد أن تردد النواقل التي تصلح للغالبية العظمى من الاستخدامات يتراوح بين ٥٠ إلى ٦٠ كيلو هرتز .

(٣) تحديد زمن وصول الموجة على الجهاز :

(أ) أوصل سكوب ذو أشعة كاثود : في حالة استخدام جهاز يوضح نتائج بواسطة أوصل سكوب ذو أشعة كاثود يجب تكبير الموجة المستقبلية إلى أقصى حد ممكن مع الأخذ في الاعتبار الاحتفاظ بشكل مميز (شكل النجيل) على أن تتابع دليل الزمن ويؤخذ في الاعتبار أن الموجة على الجهاز هي نقطة تماس لمنحنى الإشارات مع الخط الابتدائي الأتقى للدليل الزمن كما هو موضح بالشكل التالي .

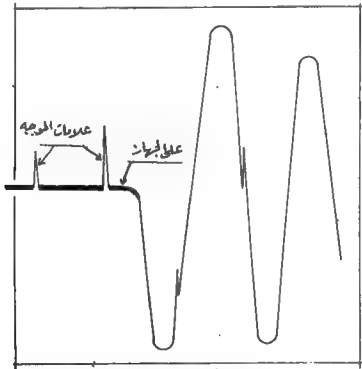
يتكون الجهاز من مولد موجات كهربائية وزوج من النواقل ومكبر وجهاز زمنى الكتروني لقياس الفترة الزمنية المستهلكة لانتقال الموجة المولدة من على الجهاز عند الناقل المرسل وحتى الوصول على الجهاز عند الناقل المستقبل .

(١) متطلبات الأداء : يجب أن يوفر الجهاز الملاح التالية :
(أ) يجب أن يكون قادراً على قياس زمن الانتقال بدقة $\pm 1\%$.

(ب) يجب أن تكون الموجة الالكترونية المنشطة عند الناقل المرسل لها زمن ارتفاع لا يزيد عن ربع الفترة الطبيعية وهذا لتأكيد حدة الموجة على الجهاز .

(ج) يجب أن يكون تكرار تردد الموجة منخفضاً بحيث يؤمن من استقبال الإشارة على الجهاز خاصة مع عينات خالية من الارتداد العكسي بواسطة الموجة السابقة .

(د) يجب أن يؤمن الجهاز أداء سليماً لمدى من درجات الحرارة والرطوبة المحيطة به كذلك فرق جهد التيار على أن ينص



شكل يبين شامة أوصل سكوب يوضع وضع الموجة على المحرار

(ج) ضبط الصفر للأجهزة الزمنية : يفضل بصفة عامة تنفيذ ضبط زمن التأخير أثناء أحكام اتصال النواقل على وجهين متقابلين لتضيق عيارى مناسب معروف له زمن الانتقال بدقة .

- يجب تنفيذ الضبط الصفرى لزمن التأخير للجهاز عند كل استخدام أو عند استخدام نواقل مختلفة أو عند تبديل النواقل

(ب) الأجهزة الرقمية : يجب أن تشكل وتكرر الموجة المستقبلية بالأجهزة الرقمية للمستوى ولارتفاع الزمن ليتمكن المزامن الرقمي من التقاطها .

ويجب أن يلتقط المزامن من نقطة على حافة الدليل للموجة خلال فترة زمنية تتناسب مع مدى الدقة .

قياس زمن الانتقال بواسطة الجهاز ، وتنفيذ القياسات على العينات بوضع ناقل على كل نهاية ويتم تسجيل قراءة زمن الانتقال ومن الضروري تنفيذ أحكام اتصال جيد ويجب استخدام طبقة رقيقة جداً من وسط أحكام الاتصال والتي تفصل نهايتي كل من العينة عن الناقل للملامس ويجب أن لا تختلف القياسات للمسجلة عن القياسات المعروفة للعينة القياسية بأكثر من $\pm 0.5\%$.

ثانياً : قياس سرعة الموجات باستخدام طريقة النقل السطحي أو الغير مباشر .

يوضح الرسم رقم ٣ السابق بأول البحث من طرق انتشار واستقبال الموجات فوق الصوتية أوضاع هذه الطريقة عند استخدام هذا الوضع يظهر بعض عدم التحقّق من الطول الدقيق لمسار الانتقال بسبب المساحة المميزة لسطح التلامس بين النواقل والخرسانة ولذلك من المفضل تنفيذ عدة قياسات باستخدام النواقل على مسافات مختلفة لحذف عدم التحقّق . ولتنفيذ ذلك يجب وضع الناقل المرسل متلامساً مع سطح الخرسانة في موضع ثابت أما الناقل للمستقبل فيوضع على مسافات تتزايد بقيم ثابتة على امتداد خط مستقيم على السطح .

توقع أزمنة الانتقال المسجلة على هيئة نقط على رسم يوضح علاقتها مع المسافة التي تفصل النواقل ، يوضح الشكل التالي الذي يبين تحديد سرعة الموجة بالطريقة السطحية الغير مباشرة مثال لذلك ، ويحلّ ميل أفضل خط مستقيم يمكن رسمه خلال النقاط الموقعة متوسط سرعة الموجة على امتداد خط مستقيم على سطح الخرسانة ، وفي حالة استنتاج أن النقاط الموقعة أوضحت عدم استمرارية فإن ذلك يشير إلى تواجد شرخ سطحي أو طبقة سطحية ذات جودة أقل (كما سيذكر في رابعا) وتكون السرعة المقاسة في هذه الحالة غير مقبولة .

ثالثاً : تعيين معايير المرونة ونسبة بواسون الدينامية للخرسانة .

تتغير قيم معايير المرونة (كل من الدينامية والاستاتيكية) ونسبة بواسون والكثافة من نقطة إلى أخرى في منشأ خرساني وليس من الممكن دائماً تنفيذ اختبارات الرنين على عناصر المنشآت لتحديد قيم هذه الخواص ولذلك فيمكن استخدام العلاقات العلمية لتوقع قيم معايير المرونة الاستاتيكية والديناميكية من قياسات سرعة الموجات المنفذة على عند أي موضع في منشأ وهذه العلاقات معطاة في الجدول التالي وتطبق على معظم الخرسانة المنفذة باستخدام الركام الطبيعي والقيم المتوقعة لمعايير المرونة باستخدام هذا الجدول سوف تحقق درجة دقة أعلى من $\pm 10\%$.

مكان بعضها وقد يحتاج الأمر لتنفيذ أكثر من اختبار للضغط الصفري وذلك طبقاً لاتزان الدوائر الكهربائية والكابلات .
(ط) - عرض النتائج في التقرير :

يجب أن يحتوي التقرير على نتائج الاختبارات والبيانات التالية كلما أمكن ذلك :

(١) نوع وصانع الجهاز ودرجة دقة قراءاته وتردد الموجة أو أي ملاحظ خاصة به .

(٢) وصف للمنشأ والعيّنات المختبرة .

(٣) مواصفات الخرسانة .

(٤) المكونات الاعتيادية للخرسانة :

(أ) نوع الأسمنت .

(ب) محتوى الأسمنت .

(ج) نسبة الماء إلى الأسمنت .

(د) حجم ونوع الركام .

(هـ) الإضافات المستخدمة .

(٥) ظروف المعالجة ودرجة الحرارة وعمر الخرسانة عند وقت الاختبار .

(٦) كروكي يوضح وضع النواقل وتقط ومسارات انتشار الموجة ويجب أن يوضح هذا الكروكي تفاصيل أسياخ حديد التسليح أو الأنابيب في مساحات الاختبار .

(٧) حالة السطح عند نقط الاختبار (ناعم أو جلاء خشن) .

(٨) حالة الرطوبة الداخلية المتوقعة في الخرسانة عند توقيت تنفيذ الاختبار كمثل سطح مبلل - جاف ولكن رطب (تم فك الشدة من فترة قصيرة) جاف الهوية (تم فك الشدة في يقة جافة منذ فترة ليست قصيرة) .

(٩) طول المسارات وطرق القياس ودرجة الدقة المتوقعة .

(١٠) القيم المقاسة لسرعة الموجة .

(١١) قيم سرعة الموجة المصححة لتواجد أسياخ حديد التسليح .

(١٢) تفسير النتائج :

(د) - تفسير النتائج :

لتفسير نتائج قياسات سرعة الموجات فوق الصوتية يجب الرجوع إلى البنود ثالثاً ورابعاً وخامساً والمختصة على التوالي باستخدام هذه القياسات لاستنتاج قيم ثوابت المرونة والقوة ولتحديد مدى العيوب في الخرسانة في البنود التالية .

أولاً : اخضار درجة دقة قياس زمن الانتقال : من

الضروري اختبار الأداء الكلي بتنفيذ قياسات على عيتين

قياسيتين معروف مسبقاً لهم زمن الانتقال بدقة وبفضل أن يكون

زمن الانتقال للعينتين القياسيتين هو ٢٥ ميكروث و ١٠٠

ميكروث والعينة القياسية الأقل تستخدم لضبط صفر الجهاز كما

سبق إيضاحه ، والعينة القياسية الأطول تستخدم لاختبار دقة

جدول يبين العلاقة العملية بين معايير المرونة الإستاتيكي والديناميكي وسرعة الموجة

سرعة الموجة	معايير المرونة	
	الإستاتيكي	الديناميكي
كجم / م ^٣	ألف ك نيوتن / م ^٢	ألف ك نيوتن / م ^٢
٣,٦	١٣.٠٠٠	٢٤.٠٠٠
٣,٨	١٥.٠٠٠	٢٦.٠٠٠
٤,٠	١٨.٠٠٠	٢٩.٠٠٠
٤,٢	٢٢.٠٠٠	٣٢.٠٠٠
٤,٤	٢٧.٠٠٠	٣٦.٠٠٠
٤,٦	٣٤.٠٠٠	٤٢.٠٠٠
٤,٨	٤٣.٠٠٠	٤٩.٠٠٠
٥,٠	٥٢.٠٠٠	٥٨.٠٠٠

ويجب قياس سرعة الموجة على امتداد العينة في اتجاه متعامد على اتجاه الصب للخرسانة داخل الأورنيك وفي حالة الكمرات يفضل قياس سرعة الموجة على امتداد طولها للحصول على دقة أعلى .

٣ - طريقة وضع علاقة متبادلة مع أداء إنشاء لوحات سابقة الصب :

يطلب أحياناً تطابق بعض العناصر سابقة الصب مع متطلبات أداء قوة ميكانيكية معينة ومثل هذه العناصر يمكن وضع علاقة متبادلة بين قياسات سرعة الموجة وبعض الأنماط الخاصة باختبارات أداء القوة وهذا يجب تنفيذه بقياسات لسرعة الموجة على العناصر في المجالات المناسبة التي يتوقع للخرسانة الفشل فيها تحت ظروف التحميل .

وطريقة الحصول على علاقة متبادلة بالرسم في هذه الحالات يجب أن تكون مشابهة لما هو موضح في البند (٢) السابق .

خامساً : تحديد الصوب : عند تقابل موجة فوق صوتية (منتقلة خلال خرسانة) مع سطح مشترك بين الخرسانة والهواء يحدث انتقال ضعيف للطاقة على امتداد السطح لذا في حالة تواجد شرخ بمثلء الهواء أو فراغات بين ناقلين يحترض ذلك الحزمة فوق الصوتية عندما تكون المساحة المسقطية للفراغ الهوائى أكبر من مساحة النواقل .

في هذه الحالة سوف تكون أول موجة تصل إلى الناقل المستقبل قد حادت حول محيط الجزء المعيب وبالتالي سوف يزيد زمن الانتقال بخرسانة مماثلة بدون عيوب .

البند التالية توضح أسلوب تفسير نتائج الاختبارات المنفذة لتصين الصوب .

١) تعيين الفجوات : والفراغات الكبيرة :

يمكن تحديد تواجد الفجوات الكبيرة بقياس زمن انتقال الموجة للمرة بين ناقلين عندما يكونا في موضع بحيث تقع الفجوة على المسار المباشر بينهما ، وحجم هذه الفجوة يمكن تقديره باعتبار أن الموجات تمر خلال أقصر مسار بين النواقل حول الفجوة .

٢) توقع عمق شرخ سطحي : نرغب في بعض الأحيان الحصول على توقع لعمق شرخ مرئى على سطح خرسانة منشأً ونحصل على ذلك بقياس أزمدة الانتقال عبر الشرخ . لوضعين مختلفين للنواقل على السطح ، ويوضح الشكل التالى وضع مناسب الذى فيه توضع النواقل الرسالة والمستقبل على جهتين مقابلتين بالنسبة للشرخ وعلى مسافات متساوية منه ويتم اختيار قيمتين للمسافة (ف) ويتم قياس زمن الانتقال لكل منها والقيم الملائمة للمسار هي ١٥٠ م ، ٣٠٠ م وفى حالة

رابعاً : العلاقة المتبادلة مع الاختبارات القياسية للقوة :

١ - توقع قوة الخرسانة : توضح المواصفات طرق اختبار الخرسانة المتصلة لقياس القوة على كل من عينات الخرسانة المصبوبة والعينات للمنخبة خلال أعمال تشييد الخرسانة وتستخدم نتائج هذه الاختبارات لإيضاح جودة ونوعية الخرسانة خاصة بالنسبة لأدائها كإداة إنشاء ملائمة لتأكيد النوعية والجودة لكل من الخرسانة المصبوبة في الموقع والسابقة الصب ومن الملائم التعبير عن الناتج بالعلاقة مع الاختبارات الموضحة بالمواصفات .

الاختبارات الأخيرة تقبل عموماً كمقياس للجودة ، أما الاختبار الفرق صوتى فيمكن استخدامه أفضل لربط سرعة الموجة مباشرة مع أداء مكونات خرسانية لأنماط خاصة من المنشآت .

٢ - طريقة علاقة متبادلة مع اختبارات قياسية للقوة :

عند وضع هذه العلاقة المتبادلة يجب اختبار عدداً كافياً من العينات لتغطية مدى مناسب من القوة ولتوفير جدارة إحصائية ينصح تجهيز واختبار عدد ٣٠ عينة على الأقل تغطي مدى القوة المرغوب فيه ، ويمكن تغيير القوة بتعديل إما :

١) نسبة الماء إلى الأسمنت .

٢) العمر عند الاختبار .

٣) درجة الدمك : ويعطى ذلك نتائج مرضية في حالة الحصول على توزيع منتظم لنتوى الفراغات علماً بصعوبة تحقيق ذلك .

لذلك فمن الضروري استخدام طريقة واحدة لتغير القوة لعلاقة متبادلة معينة وبما يناسب التطبيق المطلوب .

العلاقة المتبادلة التى نحصل عليها بتغير عمر الخرسانة مناسبة لتعليقها في مراقبة تطور القوة ولكن لأغراض مراقبة الجودة يفضل استخدام علاقة متبادلة بواسطة تغير نسبة الماء إلى الأسمنت .

استخدام هذه القيم يمكن إعطاء عمق الشرخ بالمعادلة التالية .

$$L = \sqrt{\frac{4 \times 100}{20 - 20}} = 100$$

حيث L = عمق الهواء المائل للشرخ

$\gamma =$ زمن الانتقال لمسافة ف = ١٥٠ مم

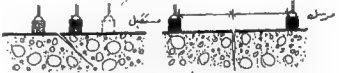
$\gamma =$ زمن الانتقال لمسافة ف = ٣٠٠ مم

المعادلة (السابقة) تم استنتاجها على فرض أن الشرخ متعامد على سطح الخرسانة ، وأن الأجزاء المحيطة به ذات جودة منتظمة .

ويمكن تنفيذ اختبار للتأكد من تعامد الشرخ على السطح بواسطة وضع النواقل أقرب ما يمكن للشرخ (كما هو موضح بالشكل التالى الذى يبين تحديد عمق الشرخ) وتحريك إحداها بالتالى بعيداً عن الشرخ وعند حدوث نقص فى زمن الانتقال يكون ذلك مؤشراً على أن اتجاه ميل الشرخ فى الاتجاه الذى يتحرك فيه الناقل .

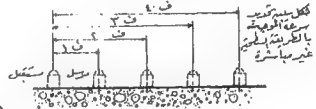
٣ - توقع سمك طبقة خرسانة ذات جودة رديئة :

قد تشك فى تواجد طبقة سطحية للخرسانة رديئة ، وقد يحدث ذلك أثناء التصنيع أو كنتيجة لتلف بالحريق أو الصقع أو هجوم من الكبريتات ويمكن توقع سمك هذه الطبقة السطحية للخرسانة بواسطة قياسات فوق صوتية لزمن الانتقال على امتداد السطح

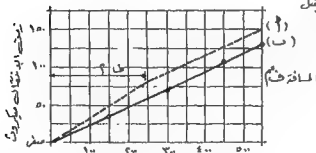


شكل ١٠ - شدة سمارت على السطح

ب - شدة سمارت



شكل ١١ - شدة سمارت على السطح



١ - نتائج فضاءات في طبقة سطحية سمك ٥٠ سم ذات جودة رديئة
٢ - النتائج فضاءات متجانسة

ويمكن استخدام التسلسل الموضوع بثنائياً ثم ترسم النتائج (كما هو موضح بالشكل التالى الذى يبين تحديد سرعة الموجة بالطريقة السطحية غير مباشرة) ، وتنقل الموجات خلال الطبقة السطحية للمسافات القصيرة التى تفصل النواقل ، وميل الخط المستقيم الناتج يمثل سرعة الموجة فى هذه الطبقة السطحية ومد المسافة معينة بين النواقل تكون أول وجه وصلت للناقل قد مرت خلال الطبقة السليمة السفلية (ذات جودة خرسانية أعلى) ويعطى ميل الخط المستقيم الثانى سرعة الموجة فى هذه الطبقة المسافة (ف) والثى عندها تغير ميل الخط المستقيم تقع السرعة المقاسة فى طبقتين خرسائيتين مختلفتين ويمكننا ذلك من توقع سمك الطبقة السطحية كالآتى :

$$\frac{F}{C} = \frac{F}{C} - \frac{C}{C} = \frac{F}{C} - \frac{C}{C}$$

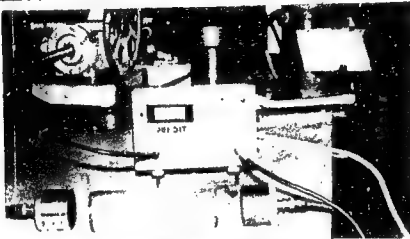
حيث C : سرعة الموجة فى الطبقة الثالثة .

C : سرعة الموجة فى الطبقة السليمة .

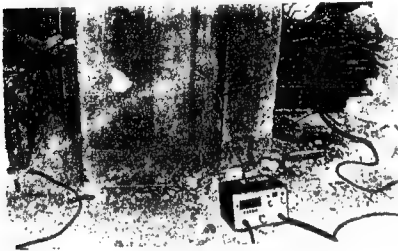
C : سمك الطبقة الثالثة .

(ف) المسافة التى تغير عندها ميل الخط المستقيم ويكون استخدام الأسلوب السابق للمستطحات ذات الجودة الرديئة والتى تكون درجة التلف فيها تجعل (C) تقل بطريقة ملحوظة عن (C) .

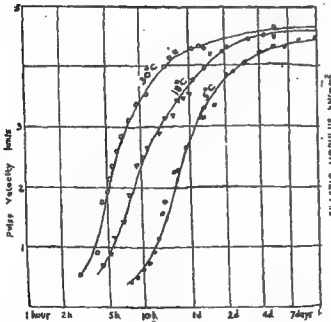
وفى حالة تواجد مناطق ذات خرسانة معششة يمكن تحديد السمك باستخدام الأسلوب السابق لانتشار الموجات سطحية (الانتشار الغير مباشر) بالإضافة إلى طريقة الانتشار المباشر .



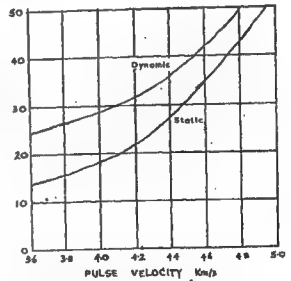
صورة تين مكونات جهاز الموجات فوق الصوتية



صورة تين طريقة القياس لأحد الأعمدة



العلاقة بين عمر الخرسانة وسرعة سريان الموجات
محمدي بين أنه يمكن قياس مقاومة الخرسانة في أضمار مبكوة
يصل إلى ٣ ساعات



محمدي يوضح تأكي معيار اللزونة على سرعة سريان الموجات

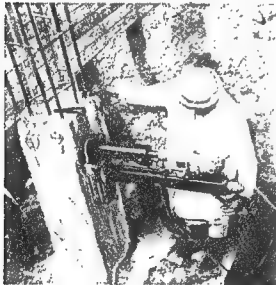
الفصل الرابع

الاختبارات المتلفة للخرسانة :

لديهم أثبت أن المقاومة لضغط الإسطوانات التي نسبتها واحد صحيح تساوى تقريباً ضغط المكعب الذي يستخدم عادة في الاختبارات القياسية لديهم ومن هنا فإنه يكون من المفيد أن تكون النسبة واحد صحيح عندما تكون مواصفات الخرسانة مبنية على اختبارات قياسية لمكعبات خرسانة $15 \times 15 \times 15$ سم وذلك حتى يسهل المقارنة بين النتائج دون حاجة إلى تحويل القيم من الإسطوانة إلى المكعب .

د) أثر تجهيز العينة للاختبار : يجب أن يكون سطح العينة مستوياً ويكون عمودياً على محورها لأن عدم استواء السطح يخفض مقاومة الضغط إلى ٢٣٪ كما أن استخدام مونة الكيريت لتسوية السطح يؤدي إلى خفض مقاومة الضغط في حالة الخرسانة عالية المقاومة وذلك عند زيادة سمك طبقة التبطين ويستحسن أن يغطى سطح العينة بمونة أمتنيت ذات مقاومة تساوى مقاومة الخرسانة تقريباً .

وتفضل المواصفات البريطانية تسوية السطح بآلة مناسبة وتوصي المواصفات الأمريكية باستخدام الجبس على المقاومة أو مونة الكيريت كما تسمح المواصفات الألمانية والبريطانية بتسوية سطح العينة بمونة أمتنيت أو كيريتية .



أحد الأجهزة المستعملة في استخراج القلوب الخرسانية

أولاً : اختبار القلب الخرساني : في الحالات التي لا تفي فيها نتائج اختبار الضغط بمتطلبات المقاومة أو في حالة الشك بمقاومة الخرسانة في عنصر لا توجد خرساته نتائج اختبار تؤخذ منه قلوب خرسانية ويتم أخذها وإعدادها واختبارها طبقاً للمواصفات القياسية المصرية ، وتعتبر الخرسانة مقبولة إذا كان متوسط المقاومة المحسوبة للعينة القياسية لا يقل عن ٨٠ ٪ من المقاومة المطلوبة وبشرط أن لا يزيد الفرق بين المقاومة الفعلية والمقاومة الدنيا لقلوب الخرسانة عن ٢٥ ٪ من متوسط المقاومة إذا لم يتحقق هذا الشرط فيجب إجراء اختبار تحميل .

العوامل التي تؤثر في اختبار القلب الخرساني :

أ) العلاقة بين مقياس القلب والمقاس الاعتيادي للركام : بالنسبة للعينات المستخرجة من قلب الخرسانة فقد ثبت أن مقاومة الضغط تتأثر كثيراً بنسبة البعد الأصغر (القطر) إلى المقاس الاعتيادي الأكبر كلما قلت هذه النسبة عن (اثنين) ، ويتلاشى هذا الأثر كلما زادت عن (اثنين) بل يكاد ينعدم عندما تقترب من (ثلاثة) .

ولهذا السبب يؤكد عدد من المواصفات مثل البريطانية ، الأمريكية ، الألمانية على أن لا تقل النسبة بين أصغر بعد مقياس للعينة والمقاس الاعتيادي الأكبر للركام عن (ثلاثة) حتى يمكن ضمان اختفاء هذا الأثر على نتائج مقاومة الضغط . ولهذا ننصح بأن يكون قطر القلب الخرساني في المادة في حدود ١٠٠ مم لأن المقاس الاعتيادي الأكبر للركام يتراوح في خرسانة المنشآت المعتادة بين ١ - ٤ سم .

ب) تأثير اختلاف أقطار العينات على مقاومة الضغط : في حالة ثبات ارتفاع العينة / قطرها عند الواحد الصحيح فإن مقاومة العينات بقطر ١٠ سم تزيد بمجالى ٥ ٪ عن مقاومة العينات بقطر أكبر من ١٠ سم أى لا تزيد عن مقاومة القلب بقطر ١٥ سم إلا في حدود ١٠ ٪ وأما الأقطار أقل من ١٠ سم فتزيد مقاومتها للضغط عن مقاومة القلب الخرساني القياسي وذلك بشرط ثبات نسبة (الارتفاع / القطر) عند الواحد الصحيح .

ج) أثر اختلاف نسبة الارتفاع إلى القطر :

تصبح المواصفات الأمريكية أن يكون نسبة (الارتفاع / القطر) تساوى ٢ والمواصفات الألمانية تساوى واحد صحيح والمواصفات البريطانية تساوى من (١ - ٢) علماً بأن المواصفات الألمانية اختارت النسبة واحد صحيح لأن الأبحاث

ز) أثر الرطوبة على العينات :

توصى المواصفات الأمريكية والبريطانية بحفظ العينات تحت الماء حوالي ٤٨ ساعة قبل إجراء عملية الاختبار وتوصى المواصفات الألمانية إلى اختبار العينات برطوبة نسبية مساوية لرطوبة الجو .

علماً بأن العينات الرطبة في العادة تعطي مقاومة ضغط أقل من العينات الجافة وتتنص بعض المراجع على أن فقدان ١٪ بالوزن من الرطوبة يرفع مقاومة الضغط بمحالي ١٠٪ وتصل إلى ٥٠٪ في حالة نسبة الماء إلى الأسمنت water cement ratio تكون عالية ، ومن الأفضل اختبار العينات بالحالة الرطبة أو الجافة وذلك حسب الجو الذي يحيط بالمنتشأ والتي ستؤخذ من العينة .



ومظهر العضو بعد إستخراج القلب منه

ح) أثر التحول الكربوني على المقاومة :

الكربنة عبارة عن تحويل أيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$ الذي من خصائصه انخفاض المقاومة ويحول الأيدروكسيد إلى كبريد الكالسيوم CaC_2 ذات المقاومة العالية - علماً بأن أثر الكربنة يكون واضحاً على سطح الخرسانة عند استخدام الطرق غير المتلفة لقياس مقاومة الضغط إلا أن الكربنة يمكن أن تؤثر على نتائج المقاومة للقلب الحرساني إذا كان مدى الكربنة عميقاً ولتحديد عمق الكربنة الناتجة عن تفاعل هيدروكسيد الكالسيوم مع ثاني أوكسيد الكربون الموجود في الجو وذلك برش الأجزاء المكسورة حديثاً بمحلول الفينولفثالين والذي يغير لونه من عديم اللون في العينات المتكربنة إلى أحمر بنفسجي في العينات الغير مكربنة . وقد تم أخذ معدل القراءات على الأوجه الأربعة لكل عينة كدلالة عمق الكربنة في العينة .

ط) أثر المكان الذي تؤخذ منه العينة :

من المعروف أن مقاومة الخرسانة تتأثر بعدة عوامل مثل نسبة الماء إلى الأسمنت واختلاف الدمك ودرجة الرطوبة والحرارة والتعشيش ومدى سلك العضو الذي سيؤخذ من العينة وكذلك مدى كربنة السطح .

ويمكن القول إن خرسانة المبني تتأثر بعوامل كثيرة عن العوامل التي تتأثر بها العينات المختبرة .

ثانياً : اختبار تحميل العناصر والمنشآت الخرسانية :

يجرى هذا الاختبار للكمرات والبلاطات والأسقف ، وتجري اختبارات التحميل على المنشأ بعد إنجازه إذا طلب ذلك في مواصفات العملية أو إذا كان هناك سبب يدعو إلى الشك بعد إنجازه إذا طلب ذلك في المواصفات العملية أو من حيث نتائجها ولا يجوز عمل هذه الاختبارات قبل انتهاء ستة أسابيع من إبداء التصديق للخرسانة وفي هذه الاختبارات يتم أخذ القراءات

هـ) أثر وجود أسياخ تسليح في العينة على مقاومة الضغط :

تنص المواصفات الألمانية من أجل خفض الآثار الترتبية على وجود التسليح وعدم استعمال القلوب في الحالات الآتية :

١) عندما تزيد نسبة حجم التسليح في الثلث الأوسط في ارتفاع العينة إلى حجم العينة بأكملها .

٢) عندما تزيد نسبة حجم التسليح إلى حجم العينة عن ٥٪ وعندما يكون أسياخ التسليح مع الاتجاه الذي سيتم عليه ضغط العينة .

ومن الأفضل استعمال العينة التي ليس فيها حديد وكما أن وجود أسياخ تسليح على المقاومة في القلب يؤدي إلى إعاقة التمدد العرضي وخاصة عندما يكون اتجاه التسليح عمودياً على محور آلة الاختبار نظراً لارتفاع قيمة معامل مرونة الحديد أكثر من معامل مرونة الخرسانة فيؤدي ذلك إلى حدوث تشققات على طول أسياخ التسليح وذلك أثناء ضغط العينة وزيادة حمل الاختبار .

وتنص المواصفات الأمريكية على تجنب استخدام القلوب التي تحتوي على تسليح بقدر المستطاع ، كما تنص المواصفات البريطانية على حفظ مقاومة العينات التي بها أسياخ تسليح وذلك تبعاً لمقاسات القلب وأقطار أسياخ التسليح وأصغر مسافة بين التسليح وحافة العينة .

و) أثر اتجاه أخذ (حفر العينة) :

لا يوجد اختلاف كبير في أثر اتجاه الحفر على العينة سواء كان في اتجاه الصب أو عمودياً عليه ولكن بعض المراجع تنص على أنه هناك اختلاف واضح بين الاتجاه العمودي والأفقى إذا كانت الخرسانة ذات عمق كبير مثل الجسور والحواسط الساندة .

الأساسية لسهم الانحناء قبل إجراء التحميل مباشرة ثم يعرض جزء المنشأ المراد اختياره لحمل مقداره مرة ونصف الحمل الحى المنصوص عليه فى التصميم بالإضافة إلى حمل مكافئ لجميع الأحمال الميتة فى صورتها النهائية (من أرضيات وقواطع.... الخ) وذلك على أربعة مراحل متتالية تقريباً مع مراعاة عدم حدوث أى صدمات أثناء التحميل ثم تأخذ القراءات سهم الانحناء وعروض الشروخ بعد ٢٤ ساعة من رفع حمل الاختبار .

و يجب وضع قوائم مثبته وبالمعد الكافى قبل البدء فى الاختبار لتحمل الحمل بأكمله وإرعاى وضعها بطريقة تسمح بترك فراغ تحت أعضاء المنشأ موضوع الاختبار يسمح بحدوث الانحناء المتوقع .

- يعتبر المنشأ قد استوفى شروط الأمان إذا تحقق ما يلى :

أ) إذا كانت أكبر قيمة لسهم الانحناء S_{max} للعنصر المختبر أقل من أو تساوى

معادلة رقم (١)
$$S_{max} \leq I_p^2 / 2.5 t \text{ cm}$$

حيث I_p = هو عزم العنصر المختبر مقاساً بالتر ويكون البحر الأصغر فى حالة البلاطات اللاكمرية أو البلاطات ذات الاتجاهين ، أما فى حالة الكوابيل فتؤخذ ضعف المسافة من وجه الركيزة حتى نهاية الكابولى .

t = سمك العنصر مقاساً بالسنتيمتر .

ب) فى حالة إذا ما زاد سهم الانحناء الأقصى S_{max} للعنصر عن ما هو وارد بالمعادلة (١) فيجب أن لا يقل الجزء

التالية :

- وضع ركائز إضافية إن أمكن .

- عمل التخفيض الممكن فى الأحمال الحية وتحسين توزيع الأحمال وتعديل ترتيب الأحمال المركزة .

- عمل التخفيض الممكن فى الأحمال الميتة .

- عمل التخفيض الممكن للتأثير الديناميكى إن وجد .

- ويعتبر المنشأ غير صالح للاستعمال للفرض المقصود أصلاً إذا كانت جميع هذه الإجراءات لا تزال غير كافية .

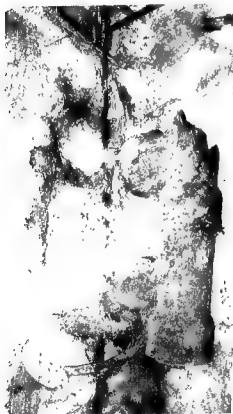
- والعناصر غير المعرضة لزوم انحناء بصفة أساسية فهم تقويم أمانها عن طريق التحليل الإنشائى ولا يجوز إجراء اختبار تحميل

للعنصر



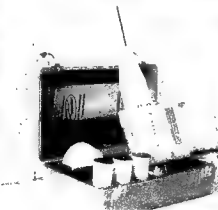
شروخ أفقية نتيجة أحمال زائدة

صدأ في الحديد تسبب في سقوط الطءاء الحرسالى نتيجة وصول المياه للحديد



تساقط الخرسانة بسبب ضعف أجزاء المونة

تهتك في المباني نظراً لسوء تنفيذ الأعمال الصحية
وسقوط الطءاء الحرسالى وصدأ الحديد



مطرقة شيدت للقياس جهد الخرسانة



طريقة استعمال مطرقة شيدت
في وضع رأسى

سواد الإضافية وخرسانة الخرسانة ومواد التصليق

الفصل الرابع

الفصل الأول

مواد الإضافية

١ - خواص وأنواع مواد الإضافية للخرسانة :

إن التقدم العمراني الجديد في مجال المعدات والطرق الحديثة كان له عظم موازى آخر وهو خطط التحسين في مزايا وخواص الخرسانة حتى تساعد هذه الأساليب الحديثة . ونتيجة لذلك قامت كثير من الشركات المتخصصة في إنتاج مواد وكيمائيات البناء في إنتاج مواد الإضافية للخرسانة لكي تحل جميع مشاكل الخرسانة وتحسن من نوعيتها وتسرع بالإنتاج والكفاءة المطلوبة . فمثلاً في مجال الإضافات توجد مواد ملبية للخرسانة ، ومواد تؤخر الشك ، ومواد تعمل في الشك لكي تغطي أكبر جهد مطلوب .

أنواع مواد الإضافية وخصائصها

١ - المواد الإضافية المساعدة على تقليل كمية الماء :

هي مواد تعمل على تقليل كمية ماء الخلط اللازمة لإنتاج خرسانة ذات قوام محدد . وتكون مطابقة للمواصفة الأمريكية (A.S.T.M C 494)

٢ - المواد الإضافية المؤخرة لزمن الشك :

هي مواد تعمل على تأخير زمن شك الخرسانة ، وتكون مطابقة للمواصفة الأمريكية (A.S.T.M C 494)

٣ - المواد الإضافية المسرعة لزمن الشك :

هي مواد تعمل على إسرار شك الخرسانة والتبكير في إنهاء مقاومتها ، وتكون مطابقة للمواصفة الأمريكية (A.S.T.M C 494)

٤ - المواد الإضافية المقللة للماء والمؤخرة لزمن الشك :

هي مواد تعمل على تقليل كمية ماء الخلط اللازمة لإنتاج خرسانة ذات قوام محدد وتعمل كذلك على تأخير زمن شك الخرسانة ، وتكون مطابقة للمواصفة الأمريكية (A.S.T.M C 494)

٥ - المواد الإضافية المقللة للماء والمسرعة لزمن الشك :

هي مواد تعمل على تقليل كمية ماء الخلط اللازمة لإنتاج خرسانة ذات قوام محدد وتعمل كذلك على إسرار شك الخرسانة والتبكير في إنهاء مقاومتها ، وتكون مطابقة للمواصفة الأمريكية (A.S.T.M C 494) .

٦ - المواد الإضافية الحابسة للهواء :

هي مواد تضاف إلى الخلطة الخرسانية قبل أو أثناء عملية خلطها تعمل على حبس الهواء داخلها ، وتكون مطابقة للمواصفة الأمريكية (A.S.T.M C 260) .

٧ - مواد إضافية أخرى :

يتوجب اختيار جميع أنواع المواد الإضافية الأخرى سواء المذكورة أو غير المذكورة طبقاً لمتطلبات الجهة المشرفة ، ومنها على سبيل المثال :

- البوزولانا .
- مشكلات الغاز .
- عامل مساعد على منع الرطوبة .
- عامل مساعد على منع تسرب المياه .
- عوامل مساعدة على ضخ الخرسانة .
- ملدنات قوية .
- عوامل مساعدة على التماسك .
- عوامل مساعدة على الترويب .

التوريد والتخزين

أولاً - التوريد :

١ - النقل :

تتقل المواد الإضافية داخل أكياس أو حاويات مناسبة للفرض .

٢ - التعبئة والعلامة :

يتوجب بيان اسم المادة الإضافية ونوعها حسب ما هو محدد في هذه المواصفات وكذلك الوزن أو الحجم الصافي داخل الأكياس أو في الحاويات عند شحنها أو توريدها إلى الموقع .

ثانياً : التخزين :

١ - عام :

- مقاومة الضغط .
- مقاومة الانحناء (إذا طلبت) .
- تغير الطول .
- معامل التعمير (إذا كان له علاقة) .
- الزحف (فقط في حالة استخدام مواد إضافية حابسة للهواء) .
- تأثير الجبرعات الأقل والأكثر .

٢ - الاختبارات الدورية :

تعتبر الاختبارات الدورية غير ضرورية في الحالات الاعتيادية ، هذا ويمكن إجراء الاختبارات الدورية حسب طلب الجهة المشرفة للتأكد من صلاحية المواد الإضافية بسبب عمرها أو تخزينها بطريقة غير صحيحة . وتجري هذه الاختبارات فقط على المواد الإضافية التي سبق اختبارها لأغراض القبول .

وهناك أنواع كثيرة من مواد الإضافة استعملت في مصر وثبتت صلاحيتها ، وهي من إنتاج شركة هوكست وشركة سيكا وعدة شركات أخرى تختلف فيها الأسماء التجارية ولكنها تتفق في المواصفات القياسية الأمريكية التي نسبت إليها . وسنشرح مختصراً لبعض المواصفات القياسية الأمريكية لهذه الأغراض وهي كالتالي :

American society for testing and material (A.S.T.M)

تختصر للمواصفات الأمريكية 494 (A.S.T.M.- C- Type-A) خلطة الخرسانة :

هذا النوع يستخدم لتقليل نسبة الماء ..

الاستخدام :

ملدن للخرسانة ويمكن استخدامه بنطاق واسع من الجبرعات أي يمكن استخدام كميات متفاوتة منه .

ويستخدم إذا كان المراد :

- ١ - نوعية جيدة من الخرسانة .
 - ٢ - تحسين قابلية التشغيل (Workability) .
 - ٣ - سطح خرساني من نوع ممتاز .
 - ٤ - الاستخدام في الأماكن الصعبة .
 - ٥ - خرسانة عالية التماسك .
- يستعمل هذا النوع في المباني المدنية الإنشائية ، والمباني سابقة التجهيز ، والمباني الصناعية .

الصفات الرئيسية والمميزات لهذا النوع :

- ١ - أساسه مادة (Lignosulphonate) المطورة .
- ٢ - غير سام ، وغير قابل للاشتعال ، ولا يحتوي على أي نسبة من الكلوريدات ولا يؤثر في المعلمات المستخدمة في الصب وأجزائها .

تخزن الإسرياليات المختلفة من المواد الإضافية داخل مخازن خاصة لحمايتها من الرطوبة وأشعة الشمس والحرارة والتجمد وتخزن بطريقة يسهل معها الوصول إليها لأغراض القيام بأعمال التفتيش أو التعرف على الإسرياليات المختلفة .

وتكون جميع الإسرياليات الموردة إلى الموقع مصحوبة بشهادة تبين اسم الصانع والاسم التجاري والنوع وتاريخ الصنع بالإضافة إلى شهادة المطابقة للمواصفات ذات الصلة .

٣ - المواد الإضافية السائلة :

تخزن داخل خزانات أو أسطوانات عازلة للماء ومحمية ضد التجمد .

٣ - المواد الإضافية على شكل مساحيق :

يخبر من الأفضل تحويلها إلى سوائل ويتم حلها داخل خزانات أو أسطوانات خاصة للمزج أو الخلط .

فيما عدا ذلك تخزن المساحيق بنفس طريقة تخزين المواد الأميتمية .

هذا ويمكن الرجوع إلى تقرير جمعية معهد الخرسانة الأمريكي رقم (٢١٢) للحصول على المعلومات المفصلة لعملية التوريد والتخزين ، دليل استعمال المواد الإضافية في الخرسانة .

ضبط الجودة

أولاً - المواصفات القياسية :

تجري اختبارات ضبط جودة المواد الإضافية الرئيسية والمبينة في المواصفات الأمريكية (A.S.T.M C494) (A.S.T.M C260) على التوالي . ويتم اختبارها جميعاً حسب توصيات الصانع أو أية توصيات مقبولة .

ثانياً - الاختبارات المطلوبة :

١ - اختبارات القبول :

يكفي بشهادة الصانع إذا كانت المواد الإضافية المستعملة من نفس النوع ومن إنتاج الصانع وفيما عدا ذلك يتم إجراء اختبارات القبول باستخدام الخلطات التجريبية لبيان تأثير المواد الإضافية المستعملة على الخواص التالية للخرسانة :

- كمية الماء .
- القوام .
- محتوى الهواء .
- زمن الشك .

المدرجة المركزة (Concentrated heat of hydration) .

الخواص والمزايا الرئيسية :

الشكل واللون : سائل بني .

الكثافة : ١,١ كجم / لتر .

خالئ من الكلوريدات : ولا يؤثر في الأجهزة والمعدات وغير قابل للاشتعال .

التأثيرات على الخرسانة :

يجب أن تكون المادة الناتجة من هذه المواصفات لها التأثير المملد للمياه المخلط لتحقيق الآتي :

— تحسين قابلية التشغيل بلمون زيادة في الماء .

— أو تقليل المياه بحيث لا تؤثر على قابلية التشغيل .

— أو توفير أمنت بحيث لا يؤثر على قابلية التشغيل أو فقد في إجهادات الخرسانة .

— إطالة وقت شك الخرسانة في درجات حرارة عالية ولى نفس الوقت زيادة معدل التقلب قبل الشك ولا تدخل كمية متزايدة من الهواء ولا حتى في إجهال الجرعة الزائدة .

— معدلات الجرعة ما بين ٢٪ إلى ٥٪ من وزن الأمنت أو ٠,٩ إلى ٢,٣ لتر / ٥٠ كجم أمنت ويعطى سمحاً أكثر من ٥٪ عند الاختبارات التمهيدية الضرورية .

الجرعة المطلوبة لتحقيق تأخر زمن معين يعتمد على جودة الأمنت ونسبة (W/C) ودرجة الحرارة وتأخير الشك في درجات الحرارة العالية أيضاً .

— يجب اتباع القواعد العامة لصب الخرسانة الجيدة وبصورة خاصة يجب استخدام نوع كثيف من الشدات الخشبية بحيث لا يمتص المادة المضافة ويجب التأكد من معالجة رطبة كافية (Curing) .

أما عن التغليف أو التخزين يجب اتباع تعليمات الجهة المنتجة التي تصلح للمواصفات عالية .

مختصر للمواصفات الأمريكية (A.S.T.M C- 494- Type (A + D) خلط الخرسانة :

هذا النوع يستخدم لتقليل نسبة الماء وتأخير زمن الشك عند الخلط .

هذه المواصفات عندما يكون مطلوب ملدن للخرسانة ومؤخر لزمن الشك في حالة طلب خرسانة عالية الجودة وفي ظروف صعبة مثل :

— ارتفاع درجة الحرارة .

— خرسانة ذات وجه أملس .

— خرسانة جاهزة الخلط .

٣ - سائل بني كثافته النوعية من ١,١ إلى ١,٢ كجم/لتر .

٤ - يحسن قابلية التشغيل مع تقليل نسبة الماء .

٥ - يحسن الجهد للخرسانة عند التشغيل الجهد مع تقليل نسبة الماء .

٦ - يعطى وقت جفاف عادي عند استخدام الجرعة المحددة .

٧ - يقلل من الانكماش أو الـ (Creep) الشقوق الشعرية .

التطبيق :

الجرعة :

تستخدم هذه المادة بنسبة من ٣٪ إلى ٥٪ من وزن الأمنت وحوالي ١٢ إلى ٢١ لتر كل ٥٠ كجم أمنت علماً بأن التأثير العادي يأتي باستخدام ٣٪ ويمكن التحسين بزيادة الجرعة وذلك يسهل استخدام الخرسانة .

الخلط :

تضاف المادة من هذا النوع إلى كمية الماء المحسوبة وتقلب ، ثم تضاف إلى خلطة الخرسانة الجافة .

ملاحظات : استخدام جرعة زيادة من هذه المادة يسبب زيادة زمن الشك الانتقالي .

أما عن التخزين والتغليف يرجع إلى الشركة الصانعة هذه المادة وينصح بأن تخزن في درجة حرارة ٥٠° .

مختصر المواصفات الأمريكية (A.S.T.M C 494 Type B + D) خلطة الخرسانة :

هذا النوع يستخدم في تأخير زمن الشك وتقليل نسبة الماء ..

الاستخدام :

١ - عامل ملدن للخرسانة عالية الجودة لتحسين قابلية التشغيل وتخصيصاً عند مواجهة ظروف صعبة عند وضع الخرسانة أو في الأعضاء الضيقة للخرسانة أو الخرسانة التي نسبة تسليحها عالى وللحصول على خرسانة كثيفة .

٢ - تقليل نسبة الماء للحصول على إجهاد عالى للخرسانة ولتقليل الانكماش والانزلاق في (Prestressed Concrete) .

٣ - عامل مؤخر للاحتفاظ بقابلية التشغيل ليمتد الوقت بين زمن الخلط وزمن الصب في الجو الحار لتكون جاهزة للصب بواسطة (Pump - concrete) في تشكيل (Slip form) والمباني القشرية .

٤ - عامل مؤخر وموفر للأمنت في الصبات للخرسانة الضخمة (الكتل) لتقليل خطر التشقق الحراري بسبب حرارة

وكامال أساسى فهذه المادة تقلل المياه حيث يكون مطلوب عملها مزدوجاً للإجهادات المبكرة والنهائية للخرسانة مثل :
— إنشاءات خرسانية سابقة الإجهاد :

(Prestressed- Concrete) .

— عناصر خرسانية متتجة فى مصانع سابقة الصب حيث تكون فى حاجة إلى سرعة التصلب فى القالب ومطلوب تحميل هذه الأجزاء بسرعة .
— الكبارى والأبراج .

المزايا والخصائص الرئيسية :

هذه المادة لها الخصائص التالية :
— تحسن جوهرى فى قابلية التشغيل بدون مياه زائدة .
— شك عادى بدون تأخير .
— تصلب سريع بعد الشك .
— زيادة كبيرة للإجهادات الأولى والنهائية .
— مناسب بصورة خاصة لرش الماء للتندبة (Curing) فى درجات الحرارة المرتفعة .
— إنهاء سطح عمن .
— مقلل للانكماش والشروخ الشعرية .
— يجب أن تكون خالية من الكلوريدات لكى لا تهاجم حديد التسليح .

التطبيق :

الجرعة :

ما بين ٦% ، ٢,٥% من وزن الأسمت ، ونصح بتنفيذ خلطات تجربة لإيجاد معدل الجرعة المطلوب ، ويستحسن إضافته للماء قبل إضافته للخلط الجاف مع ملاحظات القواعد العامة والمعروفة لصب الخرسانة الصحيح ذات الأهمية .

ويستج عن الزيادة العفوية للجرعة إطالة وقت الشك الابتدائى ، ومع ذلك لن تدخل كمية زائدة من الهواء الإضافى ويجب أن تكون هذه المادة ملائمة للأسمت البورتلاندى ويستحسن أن تكون من (Polymer type Dispersion) .

أما عن التغليف والتخزين فارجع للشركة المنتجة .
تختصر للمواصفات الأمريكية (A.S.T.M C-494 Type G)

خلط الخرسانة :

هذا النوع مقلل للمياه بنسبة عالية مع تأخير زمن الشك ..
الاستخدام :

كملدن متفوق كبير الأثر مع تأثير فى تأخير الشك لإنتاج خرسانة حرة التدفق فى المناخ الحار وأيضاً عامل تقليل المياه جوهرى لزيادة الجهد فى زمن أقل .

— ظروف صب صعبة .

— مسافات نقل أطول .

إختصاص والمزايا الرئيسية لهذه المادة :

— تحكم دائم فى انخفاض الـ (Slump) مع درجة حرارة عالية للخرسانة .
— زيادة زمن الشك فى الطقس الحار .
— تصلب سريع بعد الشك .
— مياه أقل بدون فقد قابلية التشغيل .
— زيادة جهد الخرسانة .
— تقليل الانكماش والشروخ الغير مرئية .
— عدم وجود كلوريد بحيث لا يتأثر تسليح الخرسانة .

التطبيق :

الجرعة :

يجب أن تكون الجرعة من هذه المادة من ٢% ، ٠,٨% من وزن الأسمت ، وينصح بعمل عدة تجارب على عدة خلطات لإيجاد معدل الجرعة الصحيحة .

ملاحظات :

يجب أن يراعى للملاحظة الدقيقة للقواعد العامة والمعروفة لصب الخرسانة الصحيح ذات الأهمية ، ويجب أن يستعمل الأسمت البورتلاندى .

وعندما تحدث زيادة عفوية للجرعة ويزيد تأثير الشك لهذه المادة بحيث لا تسمح بدخول الهواء ، وهذا النوع (Modified Lignosulphonate) بنى اللون كثافته حوالى ١,٠٩ كجم / لتر . أما عن التخزين والتغليف فينصح بتنفيذ تعليمات الشركة المنتجة .

تختصر للمواصفات الأمريكية (A.S.T.M C-494 Type F)

خلط الخرسانة :

هذا النوع يستخدم لتقليل المياه بمعدل عالى ..

الاستخدام :

يستخدم هذا النوع كامال مقلل للمياه على التأثير وكمملدن متفوق لإنتاج خرسانة ذات جودة عالية فى الطقس الحار .

عمل هذه المادة مزدوج يزيد التصلب السريع للإجهادات المبكرة والنهائية وكفاءة ملدنة تساعد على تدفق الخرسانة فى :

— البلاطات والأساسات .

— الحوائط والأعمدة .

— الإنشائات الأسطوانية الرقيقة ذات التسليح العالى المدموك بكثافة عالية .

— الأتباع والأسقف .

الزوايا والخصائص الرئيسية :

٢ - وضع كميات كبيرة من الخرسانة المتجانسة .

٣ - الوصلات باردة نتيجة التوقف أثناء الليل أو التوقف مرات متكررة لتثبيت في الشدة الخرسانية .

٤ - يكون المطلوب تفادي الشروخ نتيجة ثقل أو تغير في الشدة .

٥ - سرعة التصلد بعد الشك وكذلك إجهادات عالية للخرسانة .

٦ - حدوث اهتزازات بعد الصب للشدة لأى ظرف من الظروف

الصفات الرئيسية والمميزات :

— أساسه مادة الفوسفات المطورة Modified Phosphate وغير قابل للاشتعال ولا يتجزى على أى نسبة من الكلوريد ولا يؤثر في الأجهزة المستخدمة .

— سائل أصفر فاتح ذو كثافة نوعية ١,١٥ كجم / لتر وهو يعطي بعض الصفات مثل :

١ - يلدن الخرسانة الحديثة .

٢ - يؤخر الشك تبعاً للجرعة المستخدمة .

٣ - يجعل من عملية التصلد فور بدأ الشك .

٤ - لا يسمح بدخول هواء للخرسانة .

٥ - زيادة الإجهادات للخرسانة بدون تغير في قابلية التشغيل .

٦ - يزيد التصاق الخرسانة إلى الحديد المسلح ويقلل من الشروخ الشعرية .

التطبيق :

— الجرعة تتراوح من ٠,٣٪ إلى ٣٪ من نسبة وزن الأسمت أو ١,٣٪ إلى ١,٣٪ لتر / ٥٠ كجم أسمت .

— الجرعة الصحيحة تحدد التأثير المطلوب والذي يمكن أن تتغير بتغير درجات الحرارة ونوعية الأسمت ونسبة الأسمت إلى الماء ، لذلك يجب عمل تجارب أولية حسب الحالة المحيطة بالعمل .

الخلط :

إما أن يضاف مع الماء ويقلب منفرداً أو يوضع مع الماء مباشرة في الخلاط .

— يفضل استخدام شدات غير ماصة وغير منفذة للماء وإذا استخدمت الشدات العادية فيجب الرش لمدة أيام أو يمكن المعالجة باستخدام دهان مناسب للشدات حسب نوع الشدة .

ملحوظة : يجب عدم استخدام هذه المادة مع مضادات التجمد ويرجع إلى مواصفات الشركة المنتجة من ناحية التخزين والتغليف ودرجات الحرارة المطلوبة للتخزين .

كمالدين : تحسن جوهرى في قابلية التشغيل بدون مياه زائدة أو خطورة الفصل وتحكم داهم في فقدان ال (Slump) وعدم وجود أثر عكسى على الجهد النهائي .

— كمقلل للمياه : زيادة كبيرة في الإجهادات في الأيام الأولى تصل إلى أعلى جهد في الأيام الأخيرة ، أى الجهد الذى تصل إليه الخرسانة في سبعة أيام تساوى الجهد في ٢٨ يوماً بإضافة هذه المادة .

— تقليل المياه حتى ٢٠٪ .

— مناسبة للطقس الحار بصورة خاصة .

— لا تحدث هواء زائد (فقائع شعرية) .

— لا تأثير انكماش مضاد .

— إنهاء سطح أفضل .

— زيادة في (Water tightness) .

التطبيق :

الجرعة :

يستحسن أن تكون الجرعة ٠,٨٪ - ٢,٥٪ نسبة المواد المضافة إلى الأسمت والأحسن أن تعتمد معدلات الجرعة الصحيحة على مكونات الخلطة ونوعية الأسمت والزلط والرمل ونسبة المياه (W/C) ودرجة الحرارة ، لذلك ننصح بعمل خلطات للتجارب وتكون ملائمة للأسمت البورتلاندى .

توزيع المادة :

تضاف هذه المادة بصورة منفصلة إلى خرسانة حديثة الخلط أو مباشرة إلى ماء الخلط قبل إضافته إلى حبيبات الزلط والرمل وعند إضافتها منفصلة إلى خرسانة حديثة الخلط يجب أن يحدث خلط أكثر لمدة دقيقة على الأقل لكل متر مكعب أكبر من الزمن المعتاد .

التخزين :

نوع التخزين والتغليف يرجع إلى اشتراطات كل شركة حسب إنتاجها للمادة .

مختصر للمواصفات الأمريكية (A.S.T.M C-494 Type B)

خلط الخرسانة :

هذا النوع مادة مؤخرية للشك مع وجود مادة ملدنة متوسطة التأثير ..

الاستخدام :

تستخدم للنوعيات عالية الجودة من الخرسانة حيث :

١ - التحكم في إطالة زمن العمل .

الفصل الثاني أعمال الترميم

٣) درجة مرونة عالية Elasticity لتفادى الشروخ الناتجة عن الانكماش .

٤) قابلية عالية للالتصاق مع الخرسانات القديمة .

٥) مقاومة عالية للمياه والمواد الكيميائية .

ومن الجدير بالذكر أن العلماء الروس توصّلوا إلى خرسانة أسمنتية بوليمرية عالية الجودة بإدماج فورفريل furfryl alcohol وهيدركلوريد الإيثيلين وهذه الخرسانة لها خاصية مقاومة عالية للصدأ ومعدومة الانكماش وذات مسامية منخفضة وقد استخدم العلماء الأمريكيان راتنج الإيبوكسي كإضافة للخرسانة ومن المونومرات الشائعة الاستعمال كإضافة للخرسانة هي فينيل الأسيتات vinyl acetates ، فينيل البروينات Acetate of vinyl ، الأكريلات Acrylates ، الإيبوكسيات Epoxy ، مستحلبات البيتينين Bitumin emulsion ، المطاط Rubber .

ثالثاً : الخرسانة البوليمرية :

تتكون الخرسانة البوليمرية من المواد التالية :

١) المواد البوليمرية السائلة مثل مواد الإيبوكسي epoxy resin والبولي إستر polyester resin ، فينول فورمالدهايد ، وفورال أستيون .

٢) المواد المألوفة من الركام الطبيعي المتدرج .

٣) المواد الناعمة مثل الأسمنت أو الكوارتز الناعم علماً بأن الأسمنت مادة مألوفة فقط وليس لتحسين الإجهاد ، وتورد المواد البوليمرية على هيئة مركبين سائلين . ويتم إنتاج هذه الخرسانة بخلط مركبي المواد البوليمرية جيداً ثم خلط المواد المألوفة مع المواد الناعمة ثم خلطها مع مركبي المواد البوليمرية ويجب استعمال معدلات ميكانيكية خلط الخرسانة البوليمرية ولمدة لا تقل عن خمسة دقائق .

وتختلف نسب خلط مكونات الخرسانة البوليمرية طبقاً للخواص المطلوبة وذلك في حدود النسب التالية :

١) المواد الناعمة حوالي ١٠٪ إلى ٣٠٪ من المواد المألوفة .

٢) نسبة المواد البوليمرية إلى المواد الصلبة من ٣:١ إلى ٨:١ . وتتميز هذه الخرسانة بالخواص التالية :

١) مقاومة عالية للانضغاط تصل إلى ١٠٠٠ كجم /سم^٢ .

٢) مقاومة عالية الشد تصل إلى ٢٠٠ كجم /سم^٢ .

٣) مقاومة عالية للانحناء تصل إلى ٤٠٠ كجم /سم^٢ .

٤) معامل مرونة منخفض .

٥) نسبة فراغات قليلة تصل إلى ٢٪ بالحجم .

٦) قوة التصاق عالية تزيد عن مقاومة الشد للخرسانة العادية .

٧) معامل انكماش منخفض .

أولاً : الخرسانة الخاصة بأعمال الترميم :
المقصود بالخرسانة الخاصة هو إنتاج خرسانة ذات خواص معينة تناسب متطلبات أعمال الترميم والتقوية وتتميز هذه الخرسانة بالخواص التالية :

١) مقاومة عالية للانضغاط .

٢) مقاومة نسبة قليلة من الانكماش .

٣) قابلية عالية للتشغيل بدون زيادة كميات المياه المستعملة في الخلط .

وتنتج هذه الخرسانة عادة باتباع الخطوات التالية .

١) استعمال نسبة عالية من الأسمنت تصل إلى ٥٠٠ كجم /م^٣ .

٢) الاهتمام بباقي العناصر اللازمة لإنتاج خرسانة جيدة مثل استعمال ركام نظيف مندرج ونسبة مياه منخفضة والخلط والدمك الميكانيكي والمعالجة الكافية بعد الصب .

٣) استعمال إضافات خرسانية concrete admixture بكميات وتوحيات مناسبة ويصلح لهذا النوع المواد التي تعمل على تقليل كمية الماء للمخلطة اللازمة لإنتاج الخرسانة ذات قوام محدد وتكون مطابقة للمواصفات الأمريكية A.S.T.M-C-494 Type A والتي تعطى بميزات كما سبق ذكره وكما وصفت هذه المادة للاستعمال وتستخدم هذه المادة بنسبة من ٣٪ إلى ٥٪ من وزن الأسمنت وحوالي ١٢ إلى ٢١ لتر لكل ٥٠ كجم أسمنت (يرجع إلى مواصفة أى مادة بباب مواد الإضافة عن أى مواصفة سندكرها فيما بعد) هذا بالإضافة إذا لزم تأخير زمن الشك وتوفير كمية الأسمنت ورفع قوة تماسك مكونات الخرسانة ورفع مقاومتها للكشاوريات وتستخدم المواد التي تعتمد على مادة ليجنو سلفانات والتي تختلف في نوع الكاتيون ودرجة السلفنة ومتوسط حجم الجزيئات .

ثانياً : الخرسانة البوليمرية الأسمنتية :

تتكون الخرسانة البوليمرية الأسمنتية من مكونات الخرسانة العادية بالإضافة إلى مستحلبات المواد البوليمرية .

ويعتبر الراتنج المضاف إلى ماء الخلط لتحسين خواص محددة للمخلطة الخرسانية في حالتها الطازجة والمتصلدة والراتنج المضاف يتكون من عيوئين أحدهما يحتوي على المونومور والآخر المصلد اللازم للتفاعل الكيميائي وهذا بخلاف الإيبوكسي وتتميز هذه الخرسانة بالخواص التالية :

١) مقاومة عالية للانضغاط .

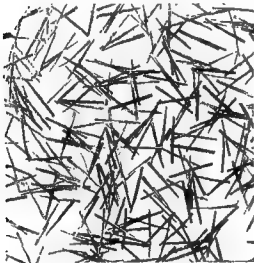
٢) قابلية عالية للتشغيل بدون زيادة مياه الخلط .

٨) قوة ذاتية للسيولة .
ومن الميول الرئيسية للمونة البوليمرية صعوبة تشغيلها ، حيث تحتاج إلى عمالة فنية متخصصة وكذا ارتفاع أسعار المواد البوليمرية ومن صفات هذه الخرسانة أنها أقل جودة من الخرسانة الأسمنتية المخلطة بالبوليمرات وتستعمل هذه الخرسانة في عمل طبقة حماية لأسطح الكبارى والصناع والخرسانة المسلحة سابقة الإجهاد وإصلاح الأرضيات الخرسانية التى حدث بها شروخ نتيجة الانكماش والحرارة أو الاهتزازات ولصق الخرسانة الحديثة والقديمة أو الوحدات سابقة الصب وكذلك تماسك الخرسانة مع المعادن كطريقة للتسليح الخارجى أو تكون قطاعات خرسانية مسلحة ذات محمولة جيدة وامتصاص الصدمات .

Fiber reinforced concrete

تتكون خرسانة الألياف من المواد التالية :
١) مكونات الخرسانة العادية مع نسب عالية من الأسمنت ٣٨٠ كجم وكمية المياه ٧١ لتر/م^٣ .
٢) ألياف الصلب أو ألياف القير جلاس من ٢ إلى ٦٪ من وزن الخرسانة .
٣) إضافات زيادة السيولة فائقة الجودة super plasticizer بنسبة ٣٪ إلى ٥٪ من وزن الأسمنت أو من ١٪ إلى ٢٪ لفر لكل ٥٠ كجم أسمنت من المادة التى تخضع إلى الملاحظات الأمريكية A.S.T.M-C-494 Type A .

الخرسانة المسلحة بالألياف



وتتميز هذه النوعية من الخرسانة بالخواص التالية :
١) زيادة مقاومة الانحناء بنسبة تصل إلى ٨٠٪ .
٢) زيادة مقاومة الشد بنسبة تصل إلى ١٠٠٪ .
٣) زيادة المقاومة المبكرة بنسبة تصل إلى ٥٠٪ .
٤) زيادة المقاومة للصدمات بنسبة تصل إلى ٢٠٠٪ .
٥) تقليل مقدار الانبعاج للكميرات .
٦) تقليل الشروخ الناتجة عن الانكماش .
وتستعمل خرسانة الألياف في الأغراض التالية :
١) ملء الشروخ في الوحدات الخرسانية .
٢) إعادة ترميم الطرق وممرات الطائرات وأرضيات المصانع .

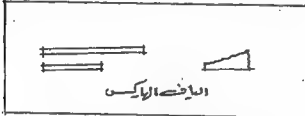
رابعاً : الخرسانة البوليمرية والمشبعة (المغلفة) كلياً :

لتعريف مواد البلمرة هي مواد تمتاز بأنها مواد ذات وزن جزيئى مرتفع تبلغ مئات الألوف ويطلق على الجزيء الواحد منها اسم المونومر (monomer) أما كلمة بوليمر (polymer) فتعنى متعدد الجزيئات وينتج باتصال المونومرات مع بعضها على هيئة سلسلة طويلة أو ذات فترعات ويتم الاتصال في الأبعاد الفراغية cross linking وإذا حدث اتحاد بين الجزيئات ينتج البوليمر من اشتراك مونومرات مختلفة لإكساب البوليمر الناتج صفات معينة فيسمى البوليمر المشترك copolymer أما إذا نتج اتحاد الجزيئات من نفس النوع سمي البوليمر الناتج بالبوليمر المتشابه homopolymer ومن الأنواع الشائعة لهذه الراتنجات هي راتنج الأكريليك acrylics وراتنج بولى إستر polyester وراتنج فينيل أسيتات وراتنج فينيل كلوريد .

ولتعريف الخرسانة المغلفة كلياً فهذا النوع يستخدم لمقاومة درجات الحرارة العالية حتى ١٤٣° مع التعرض إلى الماء المالح أو المطر وهذه الخرسانة المشبعة أو المغلفة بالبوليمرات هي خرسانة أسمنتية متصلة سابقة الصب ثم يتم غلفتها بواسطة المونومرات ذات لزوجة منخفضة ثم تم البلمرة هذه المونومرات بعد ذلك وهي داخل الخرسانة ولتشيط عملية البلمرة للمونومرات إما بالإشعاع radiation أو بالحرارة بطريقة thermal catalytic method والمونومرات التى تستخدم هي الميثيل ميثا كريلات methyl methacrylate M.M.A ، الكلورستيرين chlorostyrene والاكريلونيتريل acrylonitrile وأغلب الأبحاث تمت باستخدام الميثيل ميثاكريلات (M.M.A) ومركب البولى إستر والإستيرين ، وهناك تركيبات من المونومرات تستعمل على نطاق واسع إحداها تركيبة من الميثيل ميثاكريلات وثلاثى ميثيل أوليفين ، وثلاثى ميثيل الأكريلات بنسبة (٧٠ - ٣٠)٪

٤ (ألياف الهار كس :

تنتج هذه الألياف في ألمانيا بأطوال مختلفة وذى مقطع على هيئة مثلث وضلعين بسطح خشن والآخر ناعم ومقاومة الشد ٧٠٠ نيوتن / مم^٢ وتصنع بطريقة خاصة تضمن عدم صدأ الحديد ويمكن خلطها مع معاتل خلط الخرسانة ومن مميزات هذه الألياف مساحة سطح القطاع العرضي يبلغ تقريباً ضعف مساحة القطاع العرضي للألياف المستديرة مع أنها تغطي زيادة مقاومة الخرسانة للإجهادات الخاصة بالإجهادات الميكانيكية وإجهادات الصدم .



٥ (ألياف الفير جلاس Fiber glass :

وهي ألياف الزجاج والمعروفة بالـ (E.glass) والتي تقوم بدور التسليح في الخرسانة وتستخدم على هيئة خيوط مركبة من شعيرات مستمرة متوسط قطر الشعيرة الواحد حوالى ١٥ ميكرون ، وهذا النوع من ألياف الزجاج يختلف كثيراً عن الصوف الزجاجي المستخدم في العزل الحرارى حيث إنه عبارة عن زجاج الومينا - يوزن وذو خواص عالية للمتانة والمرونة ومقاومة تأثير المواد الكيميائية والمقاومة العالية للقوى مما يجعلها مناسبة للخلطات الأسمتية والخلطات الجبسية ومكونات الخرسانة كالأتى :

- ١ (من ٤:١٪ ألياف فير جلاس ١٢ مم^٢ .
- ٢ (إضافات لزيادة الإجهاد والسيولة من ٣ إلى ٥٪ .
- وتعطى الخرسانة مقاومة للضغط من ٥٠٠ كجم/سم^٢ إلى ١٠٠٠ كجم/سم^٢ .

تأثير إضافة الألياف المختلفة على الخرسانة :

أولاً : تأثير إضافة الألياف على قوة الشد الفير مباشرة :
أجرى اختبار على قطاع من كمرة ١٥×١٥×١٥ سم وعلى نسب مختلفة من ألياف وتم لها كسر بعد ٢٨ يوماً يلاحظ أن قوة الشد الفير مباشر تزداد إلى حوالى ١٥٪ ، ٣٥٪ ، ٧٥٪ وذلك بالنسبة للخلطات التى فيها نسبة الألياف ٥٠ كجم / مم^٢ ، ١٠٠ كجم / مم^٢ ، ١٥٠ كجم / مم^٢ على التوالى .

٣ (الطبقات الخرسانية المعرضة للبرى .

٤ (قصان الأعمدة الخرسانية .

٥ (تغليف الأعمدة الحديدية بغرض وقايتها من العوامل الخارجية .

٦ (الأساسات المعرضة للاهتزازات وللأحمال المتحركة .

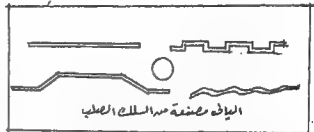
٧ (الأبنية والمنشآت الحرية .

وتختلف نسبة الألياف المستعملة طبقاً لنوعية الألياف المستعملة والخواص المطلوبة ، وتتراوح نسبة الألياف بين ١٪ إلى ٦٪ من وزن الخرسانة .

أما عن أنواع الألياف فمفصّل فى التالى :

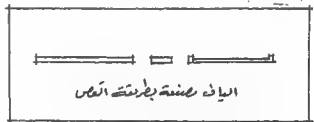
١ (الألياف المصنعة من سلك الصلب :

وتصنع هذه الألياف بواسطة تقطيع سلك الصلب المستديرة ، ويعيوب هذا النوع وجود آثار من الشحومات والزيوت المتبقية أثناء عملية التصنيع مما يقلل تماسك هذه الألياف مع الخرسانة وتبلغ مقاومة الشد لهذا النوع من ٨٠٠ إلى ١٠٠٠ نيوتن/مم^٢ .



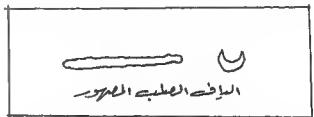
٢ (الألياف المصنعة بطريقة القص :

وتنتج هذه الألياف بطريقة القص وتبلغ مقاومة الشد من ٥٠٠ إلى ١٠٠٠ نيوتن/مم^٢ ولها نفس عيوب الألياف المصنعة من سلك الصلب .

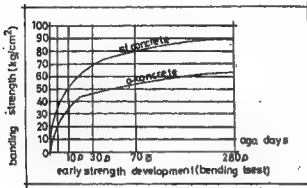


٣ (ألياف الصلب المصهور :

تنتج هذه الألياف من الحديد المصهور بطريقة القوة الطاردة المركزية وتتوقف شدتها على نوع الحديد وتنتج على شكل حلال .



رابعاً : إمكانية زيادة القوى البكرة المسلحة بالألياف :
اختبر قطاع كمر ٧٠×١٥×١٥ بعد ١٢ ساعة، ٣، ٧، ٢٨ يوماً على نسبة ٥٠ كجم/م^٣ وعلى نسبة حوالي ٢/٣ من مواد الإضافة A.S.T.M.C.494 قد يصل إلى النتائج التي بالرسم التالي .



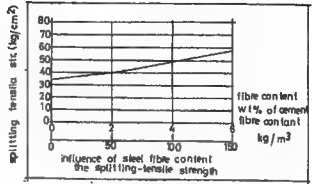
إمكانية زيادة القوة البكرة بالألياف المسلحة

سادساً : المونة الأميضية ذاتية السيولة قليلة الانكماش :
تكون المونة الأميضية ذاتية السيولة قليلة الانكماش من خليط من الأسمنت والكوارتز المدرج وإضافات كيميائية لزيادة قابلية التشغيل والسيولة وتخفيض نسبة المياه اللازمة وزيادة قوة تلاصق الخلطة مع جميع الأسطح واحتفاظها بنفس الحجم بعد الشك والتصلد .

إن العناية بالصب والمعالجة تقلل مقدار الانكماش ومن المعروف أن زيادة نسبة الأسمنت في خلطة المونة تؤدي إلى تحسين خواصها الميكانيكية ولكن في الوقت نفسه تزيد من مقدار الانكماش وفي بعض أعمال الحقن تستخدم عجينة أميضية ذات قوام عالي القابلية للتشغيل مما تضطر إلى إضافة ماء بنسبة عالية وبالتالي تقل مقاومة المونة بعد التصلد لأنه من البشبيات أنه كلما زادت إضافة المياه تسهيل الـ workability ولكنه تقل المقاومة للمونة إلى الضعف وكثرة الماء بعد التصلد تكون فراغات كبيرة وكذلك زيادة عالية في انكماش الجفاف ولذلك يجب استخدام إضافات للأسمنت للتقليل من الماء وبالتالي تقلل الانكماش ومن هذه المواد مادة الرست بلمون وأنواع معينة من الكربون وبودرة الألومنيوم وهذه المواد تضاف بنسبة ١٠٪ تقريباً من وزن الأسمنت أما عن الماء المضاف فيكون من ٨٪ إلى ١٢٪ من وزن المونة .

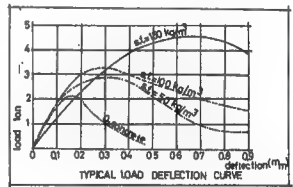
تتميز المونة الأميضية ذاتية السيولة بالخواص التالية :

- (١) قوة مبكرة عالية .
- (٢) مقاومة انضغاط نهائية تصل إلى ٥٥٠ كجم/سم^٢ بعد ٢٨ يوماً .



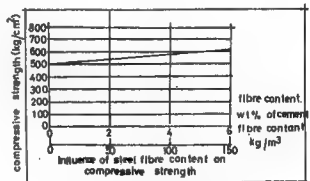
تأثير إضافة الألياف على قوة الشد البكرة

ثانياً : تأثير إضافة الألياف على مقدار انبعاج الكمرات :
أجرى الاختبار على نفس القطاع السابق وتم قياس الانبعاج حسب الخلطات التي بالرسم التالي حيث تبين أن انخفاض مقدار الانبعاج وزيادة المرونة وزيادة الحمل الأقصى للكمرات يتناسب تناسباً طردياً مع زيادة نسب الألياف .



تأثير إضافة الألياف على مقاومة الانبعاج

ثالثاً : تأثير الألياف على مقاومة الانضغاط :
أجرى الاختبار على مكعبات بأبعاد ٨٥×١٥×١٥ سم وأجرى الاختبار بعد ٢٨ يوماً وجد أن إضافة الألياف بحوالي ٦٪، ١٢٪، ٢٠٪ للخلطات المستعمل فيها نسبة الألياف ٥٠، ١٠٠، ١٥٠ كجم على التوالي .



تأثير إضافة الألياف على مقاومة الانضغاط

أكريلك بدلاً من بولي فينيل أسيتات وتعطى قوة لصق أعلى ومقاومة للماء مع باقى الإضافات السابقة وهذه المادة اللاصقة للصق الخرسانة القديمة والجديدة والحديثة فى مستوى أفقى وليس فى مستوى رأسى لأنها تتحمل الضغوط ولا تتحمل الشد وقد تختلف نسبة المواد الصلبة إلى المواد السائلة طبقاً للدرجة السيولة المطلوبة ويجب رش الروبة على الأسطح بالمسطرين مثل الطرشة العادية بسلك لا يقل عن ٥ مم قبل صب المونة أو الخرسانة .

ثامناً : مونة الأسمنت والرمل البوليمرية :

هناك عديد من الراتنجات التى أثبتت كفاءتها إذا أضيف إلى المونة الأسمنتية عن طريق ماء الخلط ومن هذه الراتنجات راتنج الإيبوكسى Epoxy وراتنج الأكريلات والأكريلات المطبورة وراتنج الإسترين بوتادين (S.E.R) sygrene butadiene ومن أكثر هذه الأنواع مقاومة عالية للرطوبة والرأى هو (S.E.R) كما أن الإيبوكسى له صفات متميزة ، والناتج من المواد السابقة مع خلطه إلى الماء كمستحلبات أو معلقات له القدرة على تحسين خاصية تماسك المونة حديثة الخلط مع الخرسانة القديمة المتصلدة ولا بد من تجهيز السطح الخرسانى القديم بالنظافة الجيدة وإزالة الأتربة وإذا كان هناك انتفاخ أو تقشير السطح الخرسانى القديم يجب معالجة هذه الظواهر جيداً إما بنزع هذه الطبقات التالفة أو بأى طريقة قبل وضع هذه المونة .

٣) ذاتية السيولة مما يساعد على ملء الشروخ وحشو الفراغات .

٤) قليلة الانكماش مما يساعد على تفادى حدوث الشروخ .

٥) ذات قوة التصاق عالية مع جميع الأسطح .

٦) وتستعمل المونة الأسمنتية ذاتية السيولة فى أعمال الترميم والتقوية خاصة أعمال ملء الشروخ وحشو الفراغات وقمصان الأعمدة والكمرات .

سابعاً : روبة مستحلب الجيرال بوند :

وتستعمل هذه الروبة خصوصاً قبل البياض بالمساكن الجاهزة حيث إن سطح الخرسانة ناعم جداً حيث تصب هذه الخرسانة لإنتاج الحوائط والأسقف فى قوالب ويتمز هراً جيداً ولا تصلح هذه الروبة فى زرع أشجار الحديد علماً بأن البولى فينيل الأسيت نوعان : أحدهما : يصلح للمواد البلاستيكية والدهانات الخارجية ، والثانى : يصلح لمواد اللصق وتصنيع الغراء ويتم تصنيع مادة الجيرال بوند الخاصة للمباني كالآتى :

١) مادة تصلح للبياض وما شابه ذلك وتتكون من : بولى فينيل أسيتات P.V.A مع إضافة مادة بولى فينيل الكحول مع مواد حافظة ومواد مانعة للرغوة .

٢) مادة تصلح للصق الخرسانة القديمة بالخرسانة الجديدة قبل الصب لا يزيد عن ربع ساعة وتكون هناك أشجار بالخرسانة القديمة مثبتة بالإيبوكسى ، وهذه المادة مكونة من ستيرين

والجدول التالى يبين مقارنة بين خواص مواد الترميم شائعة الاستعمال فى ج. م. ع والبلاد العربية

ماتر المادة	مقاومة الضغط (كجم / سم ^٢)						مقاومة الشد (كجم / سم ^٢)	مقاومة الانحناء (كجم / سم ^٢)	الانكماش الطولى %	ماتر المونة (كجم / سم ^٢)	ماتر الحصى لكل ١٠ سم ^٣
	١ ساعة	٣ ساعة	٦ ساعة	١ يوم	٧ يوم	٢٨ يوم					
خرسانة	-	-	-	٧٠	٢٠٠	٢٥٠	٣٥	٧٠	٠,٥	٢٨	١٠
مونة أسمنتية ذات إضافات	-	-	-	٣٠٠	٥٠٠	٧٠٠	٥٠	١٠٠	٠,٥	٣٠	١٤
إيبوكسى عند ٢٠°م	-	-	٥٥٠	٨٥٠	٩٥٠	١٠٠٠	١٦٠	٣٠٠	٠,٠٨	٥	٢٨
إيبوكسى عند ٦٠°م	-	-	-	٣٠٠	٨٥٠	٩٥٠	١٦٠	٣٠٠	-	-	-
بولى إستر	٢٠٠/٣٠٠	٩٠٠/٣٠٠	١١٠٠/٣٠٠	١١٠٠/٣٠٠	-	١٠٠/٣٠٠	١٤٠	٢٨٠	١,٠٠	١٥	٣٠
إسترين بوتادين	-	-	-	-	٣٥٠	-	٤٠	١٠٠	-	-	-

الفصل الثالث

البوليمرات واللدائن الإيوكسية

اللدائن لا يشعرون البتة إلى طبيعة عمل متجانهم ولا إلى إمكانية تكيفها مع ظروف تلك الدول العربية ذات الارتفاع في درجة الحرارة إلا أن هذا البحث قد خصص للإجابة على بعض هذه التساؤلات .

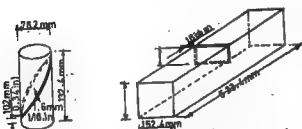
وقد تمت الدراسة على الأسس التالية :

١) دراسة تأثير ارتفاع درجات الحرارة على أداء اللدائن :

تم استخدام أنصاف الأسطوانات من الخرسانة ذات الأسطح المائلة بدرجة ٣٠° وتم ربط زوجين من هذه الأنصاف بواسطة اللدائن لتشكيل أسطوانات كاملة صالحة لفحص الضغط حيث يتعرض السطح المائل لقوى القص والضغط معاً وتم استخدام ثلاثة أنواع مختلفة من اللدائن في عملية الربط كما تم فحص هذه المجموعات من الأسطوانات تحت درجات حرارة متباينة ٢٠°م و ٢٦°م وذلك لمعرفة تأثير الحرارة على قوى الربط بين هذه الأنصاف .

٢) دراسة تأثير تذبذب درجات الحرارة على أداء اللدائن :

تم استخدام مجموعة من الكمرات الخرسانية (١٥٠ سم × ٥٣٠ سم) مع وجود شق اصطناعي مستعرض يصل إلى نصف عمق الكمرة ويعرض ١,٥ سم كما في الشكل التالي وتم حقن هذه الشقوق بأنواع مختلفة من اللدائن كما تم تعريض العينات هذه لدورات متعاقبة من الحرارة والبرودة وعند إتمام العدد المناسب من هذه الدورات فإن الكمرات الخرسانية تفحص تحت جهد انحناء حيث يتعرض سطح اللدائن لقوى الشد وتغير قوى الشد بصورة طردية مع عمق الكمرة الخرسانية حيث تبلغ أقصىها عند السطح الخارجي وتعد عند المنتصف .



شكل يبين كيفية كسر واسترجاع البنى تحت تأثيرات التجميد
موضحة عليها، انظر

٣) دراسة تأثير تعاقب الطوبى والجفاف على أداء اللدائن :

تم استخدام مجموعة من أنصاف الأسطوانات في هذه الدراسة وتم تعريض مجموعات الأسطوانات لدورات متعاقبة من

تستخدم البوليمرات العضوية polymers والأحمت في علاج الشروخ ، وسوف نشر لاحقاً بالروابط ، وأكثر البوليمرات العضوية استخداماً في الترميمات الإنشائية هي الروابط الإيوكسية وهي عبارة عن مركب أساسي راتنجي eboxyde binders ومصلد أو متعجل شك hardener حيث يجب خلطهما بالنسب المحددة والروابط الإيوكسية لها خاصية الالتصاق بالخامات كالخرسانة والحديد وقلة الانكماش كما أنها ذات قوة شد وضغط عاليتين (وإن كان معامل المرونة للروابط الإيوكسية منخفضاً إذا قورن بالخرسانة) ويجب البوليمرات العضوية ضعف مقاومتها للحريق ودرجات الحرارة المرتفعة وتعرف الإيوكسي رزّن كالآتي :

كل هذه الأنواع من الرزّن من الأصح تسميتها بإيكلوهايدين بسفينول رزّن epichlorohydrin bisphenol وهي سلسلة مكونة من مجموعات عضوية وجلسرول - وهي إضافات مختلفة تستخدم لتعطي لإيوكسيات ذات خواص مختلفة ولكن عامة فكلها ذات صلابة عالية وقوة تحمل ممتازة ومقاومة للكيماويات ولكنها لا تقاوم درجات الحرارة العالية .

مقاومة اللدائن (الإيوكسي) المستخدمة في علاج الشروخ للضغط والقص والحرارة :

إن السرعة التي أنجز بها العديد من المنشآت الخرسانية العملاقة في البلاد العربية خلال العقد المنصرم لم تترك متسعاً من الوقت للمهندسين والمصممين للدراسة وتقييم مدى تأثير هذه المواد على منشآتهم الخرسانية حيث أدت النوعية المتردية من مركبات الخرسانة الأولية الهشة والرمال المصهية على الأثرية والمياه الملوثة بالأملح إلى تدهور ميكرو الهيكلي لهذه المنشآت الخرسانية . كما أن التغيرات المناخية في درجات الحرارة والرطوبة على المستويين اليومي والموسمي قد سارعت في عملية التدهور هذه البلاد العربية ذات الدرجات الحرارية المرتفعة ، ومن أبرز سمات هذا التدهور الميكرو للمنشآت ظهور تشققات في الخرسانة وتجاويز هذه التشققات في أنواعها ومسبباتها بحسب نوع المنشأ والظروف البيئية المحيطة به .

ولهذا العديد من أصحاب هذه المنشآت المتضررة إلى حقن هذه التشققات بمواد صمغية إيوكسية أملين بإعادة هذه المنشآت إلى ما كانت عليه من النواحي الجمالية والإنشائية ، ولا يوفر لأصحاب هذه المنشآت في الوقت الراهن ما يكفي من المعلومات لترشيد اختيارهم ضمن مجموعات وأنصاف متعددة من هذه اللدائن في الأسواق المحلية كما أن منتجي هذه

(زلط : رمل : أممت : ماء) وقد روعي أن تكون ظروف صنع هذه المحاجز متقاربة لتفليل الفوارق بين العينات الخرسانية بعضها البعض ولتركيز الاختلافات على مدى قدرة اللدائن في ربط أجزاء المحاجز بعضها أما بالنسبة إلى أنواع اللدائن المستخدمة في حقن الشقوق المائلة والمستعرضة في العينات الخرسانية فخلدت تم تليتها بالحروف الأبجدية أ، ب، ج، وهي لذلان شائعة الاستعمال في الأسواق المحلية ويوضح الجدول التالي بعض مواصفات اللدائن الثلاث كما وردت في تقارير مصنعها .

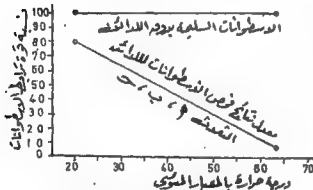
مواصفات اللدائن الثلاث أ ، ب ، ج كما وردت في تقارير مصنعها

Properties of the three types of epoxy resins used as obtained from manufacturer instruction sheets

Property	Epoxy A	Epoxy B	Epoxy C
Storage conditions and shelf life	Resin and hardener have a shelf life of one year if stored at 15-25°C	+ 5°C to + 40°C. A shelf life of 12 months when unopened and stored correctly	Dry and cool, maximum storage period of 6 months
Working temperature (overcuring temperature)	15°C - 30°C (59-86°F)	5-10°C (41-50°F)	Min 5°C (41°F)
Pot life	110 min at 10°C (50°F) 30 min at 23°C (73°F) 25 min at 30°C (86°F)	50 min at 10°C (50°F) 20 min at 30°C (86°F) 10 min at 30°C (86°F)	30 min at 20°C (68°F)
Compressive strength	(ISO, R 604) 80 N/mm ² (11 600 psi) (ISO R527) = 60 N/mm ² (8 700 psi) (ISO/R527) = 3 200 N/mm ² (464 200 psi)	25 N/mm ² (3 625 psi) N/LP	Approx. 974 N/mm ² (14 124 psi) 61-9 N/mm ² (8 976 psi)
Elastic modulus	3 200 N/mm ² (464 200 psi)		E-Modulus/bend 2 510 N/mm ² (363 983 psi)
Coefficient of thermal expansion	60 × 10 ⁻⁶ per °C (33.3 × 10 ⁻⁶ per °F)	90 × 10 ⁻⁶ per °C (50 × 10 ⁻⁶ per °F)	90 × 10 ⁻⁶ per °C (27.8 × 10 ⁻⁶ per °F)

نتيجة التجربة والتوصيات :

التجربة تحت تأثير الحرارة المرتفعة : لقد تم فحص مجموعتين (ثلاثة عينات لكل مجموعة من الأسطوانات الخرسانية لكل من الأنواع الثلاثة من اللدائن وقد تم فحص المجموعة الأولى على درجة حرارة المختبر والتي تبلغ ٢٠°م وأما الثلاثة من اللدائن المجموعة الثانية فقد تم تسخينها لمدة ٢٤ ساعة في فرن يعمل بالهواء الساخن ودرجة حرارة تبلغ ٦٢°م وقد تم فحصها حال خروجها من الفرن . وقد أظهرت نتائج الفحص هبوطاً واضحاً في مدى ترابط أنصاف الأسطوانات في درجات الحرارة المرتفعة نظراً لفشل اللدائن (أ ، ب ، ج) ونحوها إلى مادة مطاطية في هذه الحرارة ويوضح الشكل التالي هذه التجربة بصورة بيانية مبسطة .



ويبدو جلياً أن للحرارة المرتفعة تأثير بالغ الخطورة على قدرة اللدائن في ربط أنصاف الأسطوانات ببعضها . وقد هيئت شدة الترابط هذه إلى ما دون ٢٥٪ من قدرتها الاعتيادية في درجات الحرارة المحيطة (٢٠°م) عندما تم تسخينها لدرجة حرارة تزيد قليلاً عن ١٠°م وعندما نعلم بأن حرارة الخرسانة المعرضة لأشعة الشمس في فصل الصيف قد تصل إلى ما يزيد عن ٧٠°م فإنه يكون من غير المفيد الاعتماد على ربط الأجزاء الخرسانية بواسطة اللدائن في هذه الحرارة المرتفعة ويقتصر أداء اللدائن عندئذ على ملء الشقوق لإعادة النواحي الجمالية دون الإنشائية للخرسانة المتضررة .

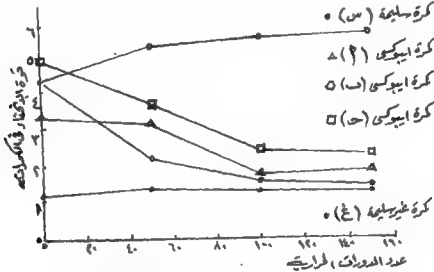
فوق بعضها عند هذه الحرارة وإذا ما علمنا بأن الحرارة للأسطح الخرسانية المعرضة لأشعة الشمس في موسم الصيف قد تزيد في بعض البلاد العربية 70°C فإنه يصبح من المناسب القول بعدم جدوى استعمال اللدائن لحقن الشقوق عندما تكون الخرسانة معرضة للعوامل الجوية المباشرة .

٣) أظهرت اللدائن الثلاث انخفاضاً ملحوظاً في مستوى الأداء الإنشائي في الكمرات الخرسانية عندما تعرضت لدورات حرارية متعاقبة من الحرارة والبرودة وربما كان هذا الانخفاض يعود إلى تفاوت في مقدار معامل التمدد الحراري بين اللدائن والخرسانة .

وقد تمت التجربة تحت تأثير الدورات الحرارية المتعاقبة وقد تمت أيضاً التجربة تحت تأثير دورات الجفاف والرطوبة وقد توصلت هذه التجارب إلى التوصيات التالية :

١) تقوم اللدائن بأداء دورها كاملاً من النواحي الجمالية والإنشائية إذا ما تم استخدامها تحت ظروف بيئية معتدلة أو تحت السيطرة المباشرة كاستخدامها في داخل المباني الخرسانية المكيفة أو في مواقع من المبني لا تتعرض فيه لعوامل الجو الخارجي من حرارة ورطوبة ودورات حرارية متعاقبة .

٢) أظهرت اللدائن الثلاث تدهوراً واضحاً في أدائها الإنشائي حينما تعرضت لحرارة تزيد قليلاً عن 60°C وتحولت اللدائن إلى طبقة رقيقة مطاطية تسمح بانزلاق الأسطح الخرسانية



شكل رقم ٤: تأثير الدورات الحرارية المتعاقبة على أداء اللدائن

وهي الفترة الزمنية التي تلي خلط المركبين والتي خلالها يكون تشغيل المنتج مسموحاً به ، وعادة تكون في حدود ٣٠ دقيقة وتقل بارتفاع درجة حرارة الجو .

التصلد : هو الشك الفيزيائي للرابط بعد التشغيل .

المعالجة : هي معالجة طبيعية للمنتج تعطيه قوة واستمرارية نتيجة تكوين روابط جزيئية ، وعموماً تكون عدة أيام . والمعالجة تتوقف عادة في الأجواء الباردة عند درجات الحرارة التي تقل عن 5°C .

ويمكن التحكم في الخصائص السابق ذكرها والخواص الطبيعية للمنتج النهائي ويمكن لمصمم معادلات الخلط التحكم في الخواص السابق ذكرها والخواص الفيزيائية للمنتج النهائي بحيث تفي بالمتطلبات المطلوبة ، وهناك إضافات مختلفة يمكن استخدامها أيضاً لتفي بالمطلوب .

وحيث إن تكاليف الإيبوكسي مرتفعة فمن الممكن خلط المنتج بإضافات مائلة ، تلك التي تعطى خواصاً مفيدة مطلوبة .

٢٥٤ الإنشاء والإعمار

٤) لم تظهر نتائج فحص اللدائن بعد تعريضها للدورات متعاقبة من الرطوبة والجفاف أي اختلافات ملموسة في مستوى الأداء الإنشائي وربما احتاج الأمر إلى أعداد كبيرة من هذه الدورات وعموماً فإن ارتفاع مستوى الرطوبة في الجو أو في الخرسانة لا يؤثر بصورة مباشرة في عمل اللدائن بربط أجزاء الخرسانة بعضها البعض .

٥) أفادت نتائج هذه الاختبارات بأن أنصاف الأسطوانات الخرسانية والكمرات الخرسانية ذات الشقوق المستعرضة تمثل أفضل أنواع المجاذج الخرسانية المتوفرة لحاكة أداء اللدائن لتجميع الشقوق في الخرسانة كما أن المقاسات المعتمدة هذه المجاذج تسهل عملية التعامل مع هذه العينات .

تعريف وخصائص هامة عن البولي يوريثان واللدائن الإيبوكسية :

زمن التشغيل Pot Life .

على في الظروف الجافة ، ولذا فإن استخدامها الرئيسي يكون في سد الشروخ في حالات الرطوبة والتشيع لمقاومة تسرب الماء .

والأمنت المستخدمة هنا هو الأمنت البورتلاندى العادى كما أن الأمنت قليل الإنكماش والأمنت سريع الشك يمكن خلطهما بالبوليمرات العضوية .

(ب) اختيار الحامات :

يستخدم أمنت الحقن (البابى) ملء التشعيبات والفراغات الهامة كما يستخدم الأمنت السريع الشك في بعض حالات ملء الشروخ وتستخدم البوليمرات البلاستيكية (الراتنجات الأكرليك Thermoplastic Polymers Acrylic Resin) بصفة رئيسية ملء الشروخ تحت ضغط الماء لإيقاف نفاذ الماء .

وتستخدم البوليمرات حرارية التصلد Thermoplastic Polymers (وليس مركبات الأيوكسى ذات الصفات الخاصة) .

ويعطى الجولان التاليان ملخصاً لوضع استخدامات أنواع الحامات المختلفة والمفصلة عن استخدام البوليمرات حرارية

والروابط الإيوكسية تنتمى إلى فصيلة البوليمرات حرارية التصلد Thermohardening Polymers وهى تشمل ضمن تركيبها البوليريثان Polyethanes مجهزاً على هيئة مركبين يتم خلطهما عند الاستخدام (وفى بعض الحالات في حالة طبقات الدهان الرقيقة من مركب واحد يخلط بالماء وإن كان شدة تفاعل البوليريثان مع الماء تشكل بعض الصعوبات في الاستخدام) ويعتبر البوليستر Polyesters من نفس الفصيلة وهو عادة يتكون من ثلاث مركبات Basic resin, catalysers and accelerator (أساس راتنجى - وسيط مساعد - معجل شك) وهى تستخدم غالباً في بوليمر مونة الأمنت وغالباً ما يكون مقاومه للحرارة أفضل من الإيوكسى ولكن تماسكها بالخرسانة أقل كثافة وانكماشها أعلى إذا قورن بالإيوكسى . وهناك فصيلة أخرى من الروابط العضوية تتكون من البوليمرات البلاستيكية Thermoplastic Polymers أو الروابط الأكرليك acrylamid binder وتصنع من ثلاث مركبات (أساس راتنجى - وسيط مساعد - معجل شك) والمركبين الآخرين يمثلان ١% بالوزن من الأساس الراتنجى . وهى سريعة الشك ولا تلصق بالخرسانة وهى ذات انكماش التصلد :

جدول رقم (١)

الخصائص	بوليمرات حرارية التصلد	بوليمرات بلاستيكية	روابط هيدروليكية (أمنتية)			
			تقليدى	عاصر	تقليدى مع	
					بوليمرات حرارية التصلد	بوليمرات بلاستيكية
مقاومة التشقق	إيقاف لنفاذ الماء بالتشعيبات المثيرة	يمكن	لا يوصى باستخدامه	لا يوصى باستخدامه	يمكن	يمكن
	مقاومة إجهادات الشد	لا يوصى باستخدامه	(غير مسجوح)	(غير مسجوح)	غير مسجوح باستخدامه	غير مسجوح باستخدامه
	مقاومة إجهادات الضغط دون حدوث زحف creep	(غير مسجوح)	يمكن	يمكن	يمكن	يمكن
ظلال التآكل	جفاف	يمكن	يمكن	يمكن	يمكن	يمكن
	رطوبة	يمكن	يمكن مع تحفظات	يمكن مع تحفظات	يمكن مع تحفظات	يمكن مع تحفظات
العرض ٣٧	$W < ٢,٢$	يمكن مع تحفظات	لا يوصى باستخدامه			
	$٢,٢ < W < ٢,٦$	يمكن				
	$٢,٦ < W < ٢,٣$	يمكن				
	$L \geq ٢,٣$	يمكن	لا يوصى باستخدامه	يمكن	يمكن	يمكن
الفراغات الداعية		يمكن ولكن مكلف	لا يوصى باستخدامه	يمكن مع تحفظات	لا يوصى باستخدامه	

جدول رقم (٢)

بوليستر	بولي يوريثان	الإيبوكسي	الخصائص الرئيسية للمنتجات
قوى	منخفض نكن أعلى من الإيبوكسي	منخفض	انكماش اللدونة (البلمرة)
س٢	جيد	جيد	جاف
س٢	غير مناسب	تتوقف على التركيب الكيميائي	مع الطليقة السفل
تفاوتات تفاوتاً كبيراً	تتوقف على درجة الحرارة المحيطة وعلى الكمية المخزنة	زمن التشغيل Pot Life	
	مرتفعة ولكن تقل عندما تقل اللزوجة (تزيد السيولة) لذا يجب أن نهم بالقدرة الميكانيكية عندما تنخفض اللزوجة عن ٥٠٠ c _{po}	القوة الميكانيكية	
إيقاف نفاذ الماء من الشروخ الدقيقة (التي عرضها > ٢ مم)	حقن الشروخ في وسط جاف	حقن الشروخ المنفلة للماء المباشرة وحقن الشروخ النشطة الغير مباشرة بالروابط الإيبوكسية المرة التي يحدث الكسر فيها بعد الاستطالة بنسبة ١٠٠٪ على الأقل بعد تمام الصلبد ووصول إجهاد الشد لأكثر من ٤ M _{po}	مجال الاستخدام

ملحوظة : الجداول السابقة ومعظم التوصيات والتعليمات السابقة أخذت ونشرت في فرنسا .

المواد الإيبوكسية لأعمال الترميم

والثقبية وحماية الخرسانة

المواد مثل الحديد والخرسانة وأشبار حديد التسليح في الخرسانة
وتثبيت الحوائط وعمل الطبقات المقاومة للاحتكاك والتآكل
والأحمال الميكانيكية والمواد الكيميائية وتتميز هذه المونة

- بالخواص التالية :
- (١) مقاومة عالية للانحناء يصل إلى ٢٥٠ كجم/سم^٢ .
 - (٢) مقاومة عالية للانضغاط تصل إلى أكثر من ٦٠٠ كجم/سم^٢ .
 - (٣) مقاومة عالية للتآكل مع الخرسانة تصل إلى أكثر من ٢٥٠ كجم/سم^٢ .
 - (٤) مقاومة عالية للاحتكاك .
 - (٥) مقاومة عالية للكيماويات .
 - (٦) غير قابلة للتآكل .

ثانياً : مواد المعالجة السطحية وغلظ المسام وتقوية الأسطح
بالدهانات :

تستعمل هذه المواد لتقوية الأسطح الخرسانية خاصة الأسطح
المسامية وتسرّب هذه الدهانات داخل مسام الخرسانة وتساعد
على تقوية الأسطح بلون تكوين طبقة دهان سطحية surface
hardner وتساعد على زيادة مقاومة الاحتكاك ومقاومة لغازية.

أولاً : المونة الراتنجية اللاصقة والمائلة للشروخ : هي مونة
لا يستعمل فيها الأسمنت ولكن يخلط الرمل مع مادة راتنجية
مثل الإيبوكسي وراتنج البولي إستر ومن المعروف دائماً أن مثل
هاتين المادتين لابد من إضافة مصلب Hardner ويكون في
علبة أخرى مخالطة لعلبة الإيبوكسي ويجب إضافة الراتنج
والمصلب للرمل بنسب تحددها الشركة الصانعة قبل الاستعمال
بمدد لا تزيد عن نصف ساعة والمونة الناتجة من هذا الخليط
تكتسب خواص ميكانيكية ممتازة وتتفوق على مثيلتها من المونة
الأسمنتية كما أن لها خاصية التماسك العالية مع الخرسانة سابقة
الصب وحديد التسليح ولها مقاومة عالية ضد البرى والتفادية
والكيماويات ، ويستحسن خلط مادة الإيبوكسي والمصلب قبل
الاستعمال مباشرة علماً بأن هذه المونة يجب أن تكون عالية
من اللدنيات .

وتستعمل في ترميم الشروخ الخرسانية ولحام جميع أنواع

وتحت هذه الدرجة يتم تأخر الجفاف وهذا النوع مقاوم جيد للكيماويات والماء والاحتكاك ولكن له قابلية للانصراف .
ويتوفر الحفاز المستخدم (نوع المصلب) في ثلاث أشكال شائعة والتي تختلف في العامل الحفاز المستخدم (نوع المصلب) .

(أ) إيبوكسيات تحف بالأمين (مصلب)

amine-cured epoxies:

وهي أفضل الدهانات المقاومة للمذيبات والأحماض .

(ب) إيبوكسيات تحف بالبولي أميد :

polyamid-cured epoxies

وله خواص المقاومة للماء والطقس . وقوة الالتصاق على الأسطح الصعبة (الناعمة) وعن طريق التحكم في كمية المذيب في الخلطة وعن طريق زيادة حجم المواد الصلبة ، وأمكن تطوير الإيبوكسي لدهانه فوق الحديد المبلل وحتى تحت الماء .

(ج) إيبوكسيات تحف بالأمين أدكت (مصلب)

Amine adduct-cured materials

وهذا النوع يعتبر أقل حساسية لحالات المناخ عن النوعين السابقين ويتفق معهم في باقي الخواص .

(٣) النوع الثالث والذي يتم في درجات حرارة عالية high baked وهو أفضل الأنواع مقاومة للكيماويات والمذيبات وهو يحتاج إلى درجات حرارة عالية جداً لإتمام عملية البلمرة واستخدام هذا النوع يعتبر محدوداً في دهانات الأسطح الداخلية للتسكات التي تستخدم في نقل الخرسانة أو المواد الكاوية والمذيبات .

مثال : لدهان إيبوكسي ذي مواد صلبة كبيرة High-Solids Epoxy Coating
مكونات المركب الأول

Titanium dioxide	425.7
China clay	106.7
Thixotropic agent	10.5
Despersing agent	0.8
Eponex D. R. H	249
Butanol	221.9

مكونات المركب الثاني (المصلب) curing agent

versamid	137.2
Butanol	19.4

نسب المادة الملونة والمواد الصلبة بالوزن والحجم

Pigment volume concentration	27. 7%
solides by weight	79. 3%
solides by volume	64%

المياه وعدم تكوين الأثرية الناتجة للأسطح الخرسانية وعليه يجب اختيار مواد الدهانات ذات لزوجة كافية لتغلغل داخل الخرسانة إلى مسافات لا تسمح بانفصال الطبقة السطحية ومن أنواع المواد الخاصة بالدهانات الشائعة الاستعمال للأغراض المختلفة هي :

دهانات الإيبوكسي رزن :

توفر هذه الدهانات في ثلاثة أنواع رئيسية :

١ - oil-modified - ٢ - catalyzed - ٣ - high baked .
ونسلق الضوء على الثلاثة أنواع :

(١) زيت مطور oil-modified ويتم الجفاف عن طريق الأكسدة ويرجع النوع عادة إلى إيبوكسي إستر epoxy esters وهذا النوع له خواص بين هذه الدهانات عالية الجودة وتلك التي تحمي وتقوّم الكيماويات ، وهي تحتوي على زيت سريع الجفاف في الهواء ويستخدم على الأسطح المعدنية الداخلية ويستخدم في الأسطح الداخلية في المباني المعرضة للأبخرة وفي المغاسل التي تستخدم المنظفات التي تحتوي على مواد قلوية مثل الصودا الكاوية .

(٢) إيبوكسيات ذات العامل الحفاز : Catalyzed epoxies

هذه الدهانات تحف عن طريق التفاعل بين الإيبوكسي رزن والعامل الحفاز catalyst (المصلب) ويتم الخلط جيداً كي يبدأ التفاعل وذلك الخلط الجيد يحسن المقاومة للكيماويات وقوة الالتصاق للسطح وتؤثر درجة الحرارة على سرعة التفاعل حيث يجب ألا تقل درجة الحرارة عن ١٦°م سواء في الجو أو السطح

مثال : لدهان إيبوكسي ذي مواد صلبة كبيرة

يتكون من ثاني أكسيد التيتانيوم
تشينا كلاي
مادة مائلة
مادة مساعدة على الانتشار
خليء من المذيبات Free-solvent الإيبوكسي رزن
بيوتانول

يتم الجفاف بعد ساعة :

إشراب السطح إلى حد كبير على مكان العضو الذي تجرى حمايته على الجو المحيط بهذا العضو .

٤ () السيلوكسينات المتبلورة (polymeric siloxanes) :
هذه المادة لزجة للغاية إذا لم يتم إضافة المادة المفككة ، وناشراً ما تستخدم في الخرسانة لأنه عندما تتم عملية بلورة السيلينات أو السيلوكسينات تتكون سلاسل جزئية طويلة وهذه السلاسل البوليمرية تشبه راتنجيات السيليكون علماً بأن الوزن الجزيئي أكثر من ١٠٠٠ .

٥ () السيلوكسينات المتبلورة جزئياً (oligomeric siloxanes) :
السيلوكسينات المتبلورة جزئياً والتي تعرف باسم السيلوكسينات وأنتجت للتغلب على مشكلة السيلينات التي تتطلب ويمكن أن تتغير مع المذيب وأمكن الحفاظ على مميزاتها والسيلوكسينات تستعمل مع المذيبات الأليفاتية أو الكحول حيث المادة الفعالة تتراوح نسبها بين ١١،٤٪ علماً بأن الوزن الجزيئي لهذه المادة من ٤٠٠ إلى ٦٠٠ .

المواد والمركبات الراتنجية للصق الخرسانة بين الموصفات القياسية :

حيث لا توجد مواصفات قياسية لمواد ومعالجة وإصلاح المباني ، تتناول المواصفات القياسية هذه المواد في قليل من الدول الصناعية وتضمن المحدود التي تقترحها أحياناً الجهات المنتجة لهذه المواد الاختبارات من زوايا متعددة من أهمها التصنيف / المتطلبات الكيميائية / المتطلبات الطبيعية / المتطلبات الميكانيكية / أخذ العينات .

علماً بأن الاختبار الأساسي قصير المدى (short term test) هو اختبار المقاومة باعتبارها الأساس الذي يبنى عليه المهندس الإنشائي حساباته الإنشائية ، وفي الماضي استعملت طرق اختبار غير مباشرة حيث كانت تؤخذ قلوب من الخرسانة المصلوبة أو المحقونة بعد إصلاحها بفرض تعيين حدود التخلخل (penetration) مع إجراء اختبار الضغط على العينة المحقونة على مادة الإصلاح ، ومع ظهور أول مواصفة قياسية انتشرت وتنوعت أساليب اختبار المقاومة على النحو الوارد .

١ () اختبار مقاومة الضغط للمواد والمنتجات الراتنجية ذات المائي المعدني :

تسمح بإجراء اختبار الضغط كل من المواصفات القياسية وتوصيات أحد بيوت الخبرة ويجري الاختبار على عينات مكعبة الشكل على النحو الموضح بالشكل التالي ومن البنود التي تنفرد بها المواصفات البريطانية هي أن تمتد العينات وتعالج تحت ظروف إما تطبيقية أو تنفيذية بها متفق عليها أو معملية متحكم فيها . ومن البنود التي أوصت بها إحدى بيوت الخبرة السويسرية

المواد الطاردة للماء : هذه المواد لتصلق كيميائياً بالخرسانة وتتفاعل مع الخرسانة وتكون المجموعات غير القطبية الخواص الطاردة للماء حيث تصبح زاوية الاتصال للماء بسطح الخرسانة أكبر من ٩٠° حيث إنه بمجرد وضع هذه المواد تبدأ سلسلة من العمليات الكيميائية ينتج عنها احتراق المادة للخرسانة طاردة أماتها ذرات المياه من مسام الخرسانة بينما تستمر بلورات المادة داخل الخرسانة وهذا يعني أن تصبح الخرسانة صماء فبدلاً من وجود الخاصية الشعرية في امتصاص الماء من الخارج تصبح الخرسانة بعد إتمام السلسلة الكيميائية طاردة للماء ولكن يجب قبل بدأ دهان سطح الخرسانة بهذه المواد يجب أن يكون السطح نظيفاً والتخلص من الأجزاء التالفة على سطح الخرسانة وترميمها جيداً وتكون جافة قبل الدهان .

ولذلك يجب اختيار المواد المستخدمة لهذا الغرض ومن هذه المواد الآتي :

١ () راتنجيات السيليكون silicon resins : هذه الراتنجيات مذابة في مذيبات أليفاتية (alifatic) وتحتوي على مواد صلبة من ٨:٤٪ وينشأ عند تفاعلها التصاق جيد مع حوائط الفجوات السطحية ولكي تعمل بكفاءة يجب أن يكون السطح نظيفاً جداً وجافاً وبه فجوات سطحية كبيرة وقد يؤدي وضعها على سطح الخرسانة لزوجة بسطح الخرسانة وهي لا تصلح للخرسانة ذات الفجوات السطحية الصغيرة علماً بأن الوزن الجزيئي لهذه المادة أكثر من ٢٠٠٠٠ .

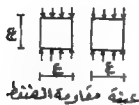
٢ () السيليكونات silicone resins : هذه المادة قابلة للذوبان في الماء أو الكحول وبها حوالي ٤٥٪ مواد صلبة وتتفاعل هذه المادة مع ثاني أكسيد الكربون الموجود بالجو ومن ضمن عيوب هذه المادة أن تفاعلها مع ثاني أكسيد الكربون يسبب عيوباً بالسطح الخرساني ويمكن إزالة هذا العيب بالفيسل بالماء أو عند سقوط المطر علماً بأن الوزن الجزيئي من ١٠٠ : ٢٠٠ .

٣ () السيلينات silanes : هذه المادة غالباً ما تكون مذابة في مذيبات أليفاتية (alifatic) أو عطرية ويكون عتوى السيلين فيها مرتفعاً حوالي ٤٢٪ ولابد من توافر الرطوبة والمواد المحفزة catalyst لكي يحدث التفاعل مع البول سيليوكسينات polysiloxanes وتمتاز هذه المادة عن السيليكونات والراتنجيات بالآتي- علماً بأن الوزن الجزيئي لهذه المادة من ١٠٠ : ٢٠٠ :-

أ () ارتفاع نسبة المادة الفعالة إلى ٤٠٪ بينما لا تزيد هذه المادة الفعالة في راتنجيات السيليكون .

ب () هذه المادة أفضل مواد إشراب الأسطح حيث يكون تشريبها عميق بسبب انخفاض الوزن الجزيئي بالمقارنة بالراتنجيات وانخفاض لزوجة المذيب بالنسبة للسيليكونات وأحد عيوب السيلينات أنها مادة متطايرة وتتغير مع المذيب ولذلك تعتمد عملية

والألمانية ضرورة الاختبار على العينات معدة خصيصاً للاختبار
وإذا تكون مأخوذة من أنصاف الكمرات الناتجة عن اختبار
الانحناء .



بيت خبيرة

إنجليزية

طول

ضلع

المكعب

ع - م

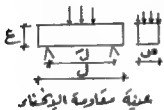
٤٠

٤٠

(٢) اختبار مقاومة الانحناء للمواد والمنتجات الراتنجية ذات المائي المعدني :

يسمح بإجراء اختبار الانحناء كل من المواصفات القياسية البريطانية وتوصيات إحدى بيوت الخبرة ويجري الاختبار على عينات
منشورية على النحو الموضح بالشكل التالي :

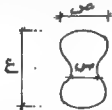
العدد - م	إنجليزية	بيت خبيرة
ل	١٠٠	١٦٠
ل	٧٥	١٠٠
ص	٢٥	٤٠
ع	٢٥	٤٠
الحمل		



(٣) اختبار مقاومة الشد المباشر للمواد والمنتجات الراتنجية ذات المائي المعدني :

يسمح بإجراء اختبار الشد المباشر للمواصفات القياسية البريطانية فقط وتستخدم لهذا الغرض عينة الاختبار السابق استعمالها
في اختبار تعيين مقاومة الشد المباشر لمونة الأسمنت (ملغى حالياً) ويوضح الشكل التالي شكل عينة الاختبار وأبعادها .

العدد - م	إنجليزية
ع	٧٦,٢
ص	٤٤,٤
س	٢٥,٤



(٤) اختبار تعيين معايير الرونة في الضغط للمواد والمنتجات الراتنجية ذات المائي المعدني :

يسمح بإجراء اختبار تعيين معايير الرونة في الضغط للمواصفات البريطانية وتوصيات أحد بيوت الخبرة ويجري الاختبار على
عينات منشورية الشكل على النحو الموضح بالشكل التالي وتنفرد المواصفات البريطانية بتعيين معايير الرونة المقاطع secant
modulus of elasticity



بيت خبيرة

إنجليزية

العدد - م

ع

ص

١٦٠

٦٠

٤٠

٤٠

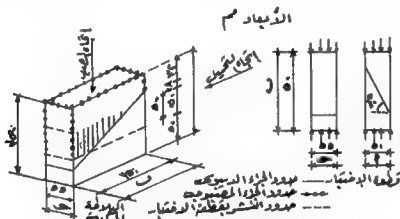
عينة معايير الرونة

اختبارات الالتصاق :

المواصفات على التوالي كما توضح الأشكال مقاس الجزء الدموي (دمية dummy section) الذي يستخدم لصب جزئى الاختبار وكذلك زاوية ميل سطح اللصق .

العينة المركبة طبقاً للمواصفات البريطانية :

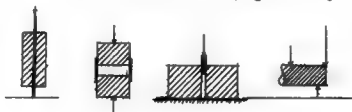
تعد قطعة منشورية بالنشر من بلاط مركبة من جزئين الأول دموي (دمية) تفرش على سطح الالتصاق به مادة أو مركب اللصق الراتنجي ثم تصب الخرسانة أو يوضع الجزء الثانى سابق الصب لتكتملة البلاطة على النحو الموضح بالشكل التالى .



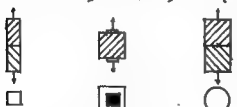
عينة الإنعاش البريطانية لوصف قوى الضغط والشد المركبة

القياسية وإنما أوصت بها بعض المعاهد وبيوت الخبرة الفرنسية أو السويسرية أو الألمانية وأوردت بدوريات علمية ويجرى على النحو الصادر من كل جهة على النحو الموضح بالشكل التالى .

اختبار الالتصاق بالقص المباشر (اختبارات غير واردة بأى من المواصفات القياسية) : لم تتضمن مجموعة هذه الاختبارات فى أى من المواصفات



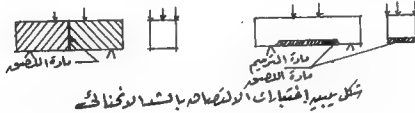
اختبارات الانعاش بالشد المباشر طبقاً لوصف معاهد وبيوت الخبرة



اختبارات القص بالشد المباشر

اختبار الالتصاق بالشد المباشر (اختبارات غير واردة بأى من المواصفات القياسية) : لم تتضمن مجموعة هذه الاختبارات فى أى من المواصفات القياسية وإنما أوصت بها بعض المعاهد وبيوت الخبرة الفرنسية أو السويسرية أو الألمانية ويجرى على النحو الصادر من كل جهة على النحو الموضح بالشكل التالى :

اختبارات الالتصاق بالشد الانحنائي (اختبارات القياسية وإنما أوصت بها بعض بيوت الخبرة والمعاهد الفرنسية غير واردة بأى من المواصفات القياسية) :
لم تتضمن مجموعة هذه الاختبارات فى أى من المواصفات على النحو الموضح بالشكل التالى :



الفصل الرابع

استعمال المواد الأيدروكربونية فى مقاومة تآكل خرسانة الأسمنت والحديد الصلب :

إن المنشآت الخرسانية تحت سطح الماء معرضة للتآكل بفعل المياه ، ويجب ذكر الالتزامات الواجب توافرها فى هذه المون وخرسانات الأسمنتية حتى يمكننا استعمالها لمثل هذا الغرض وأهم هذه الالتزامات .

(أ) ضرورة عمل مون وخرسانات أسمنتية ذات تكاليف حسيى عال .

(ب) ضرورة استعمال نسبة مضبوطة من الأسمنت .

(ج) ضرورة استعمال نسبة قليلة من الماء مع ملاحظتها جيداً .

إننا نكمل حماية هذه المون وخرسانات باستعمال مواد واقية مانعة لتسرب الماء فوق الأسطح أو باستعمال المواد الأيدروكربونية وسنبين ظروف المصاهرة وإمكانية الدخول بين المسام حتى يمكن لهذه المواد الأيدروكربونية أن تلتصق جيداً ونتمكن من أن نحفظ بخواصها الأساسية بمرور الزمن .

إن المواد الأيدروكربونية المحضرة لتكون قادرة على الدخول بين مسام الخرسانة يجب ألا تكون هى نفسها السبب فى تآكل الخرسانة ، وعليه فيجب أن تكون هذه المواد الأيدروكربونية ذات تأثير كيميائى متعادل ، أى عدية التأثير . إذ أن تأثيراً حامضياً قوياً يضر كلاً من الأسمنت وكذا حديد التسليح . وعليه فإننا نكرر وجوب تجنب استعمال مواد القطران التى لا تحتوي على النسبة الكافية من الفينول .

إن المواد الأيدروكربونية إذا ما لصقت جيداً فوق سطح ما ، فإنها توقف تأثير المياه . فإياه النقية ذات التركيز الأس أيدروجينى يقل عن ٦ تذيب الجير وبعض أنواع السيليكات مما حدا إلى استعمال أنواع الأسمنت المستحلبة للمنشآت تحت سطح الماء لتجنب وجود الجير القابل للذوبان .

أما المياه الحامضية وهى أساساً المشبعة بغاز ثانى أكسيد الكربون ، فإنها تحول جير الأسمنت البورتلاندى إلى بيكربونات الجير الذائب فيسبب تفكك واختلال هذه المادة .

كذلك المياه الكربونية التى تحتوى بالذوبان على كبريتات الجير المائية ، فهى تؤثر فى الأسمنت البورتلاندى المشبع بثلاث سيليكات الكالسيوم . كذلك عرفنا تأثير كبريتات الجير بداخل خرسانات الأسمنت البورتلاندى ، فوجود الجير الحر الذى يذيب الألومين فيتكون كبريتات الألومونوم ثلاثى الكالسيوم ملح مزدوج يحتوى على نسبة عالية من ماء التبخر مقدارها ٣٠ جزء ماء هذا الملح قابل للتمدد إذا كان يحتوى على ألومينات الجير الغير قابلة للذوبان .

إن دور الوقاية للمواد الأيدروكربونية ليس فعالاً فقط بالنسبة لخرسانة الأسمنت بل هو كذلك بالنسبة لحديد التسليح بداخل الخرسانة المسلحة . إن التأثير الكيميائى وتآكل هذا الحديد يحدث فى الأجزاء التى لا تلتصق مباشرة بالأسمنت فنعزى بنزع بعض أجزاء الأسمنت . وكذا بوجود الشقوق أو الأجزاء من الخرسانة التى كانت فى المبدأ غير محمية بصورة كافية ، أو كذلك عن طريق التعشيش ، وهو وجود فراغات بداخل الخرسانة وعدم تجانس أجزاء الخرسانة نفسها إذ يوجد الأسمنت فى بعض الأماكن بنسب غير كافية .

وفى هذه الحالة ربما يكون العلاج هو حقن الشقوق والتفغات الموجودة بالخرسانة بالمواد الأيدروكربونية حتى نحصل على طمس التفغات ، وفى الوقت نفسه تغليف أجزاء الحديد المارة . إن المادة الأيدروكربونية المستعملة للحقن يجب أن تكون محضرة خصيصاً لهذا الغرض إذ إنه بهذا الشكل يكون دوره للحماية أكثر فاعلية لأنه ليس فقط يقوم بعزل الحديد من فعل المياه بل زد على ذلك أن له تأثيراً فعالاً مضاداً لتكوين الصدأ . والشكل (التالى أ) يبين طريقة معالجة الشقوق بالحقن .

وللقيام بالعمل توضع الحقنة داخل الشق بالاستعانة بقمع من الأسمنت المضغوط ، ويمكن أن تتم عملية الحقن على أعماق

فالغنى بالمادة الأيڤروكربونية ولو أنه يتناسب مع نسبة احتواء المركب به إلا أنه يتوقف على السطح النوعي للتكوين المعدني للمركب .

وقد ساد الاعتقاد مدة من الزمن أن الكمية الضرورية من المادة الأيڤروكربونية لتغليف الحبيبات تتناسب مع السطح النوعي لهذا التكوين . ولكن في الحقيقة إن الحبيبات الدقيقة في الخرسانة يتم تغليفها بسهولة وتتطلب مادة أليڤروكربونية أقل لتغليف الحبيبات الكبرى .

هذه الظاهرة وغيرها من الظواهر المتعلقة بالتوتر السطحي للشعيرات تفسر أن للمواد البيتومينية كمية المادة الضرورية جداً لتغليف الحبيبات يتناسب عكسياً مع الجذر الخامس للسطح النوعي لمواد الخلطة .

نسبة البيتوم بالمركب

فخارج قسمة

السطح النوعي للتكوين المعدني للمركب

يطلق عليه لفظة « دليل نسبة غنى المركبات البيتومينية »
فلمحصل على مركبات بيتومينية قادرة لحماية وعزل
للنشآت يجب أن يكون « دليل نسبة الغنى مساوياً أو أقل من ٠.٦ » .

كبيرة إذا ما سد الشق بوسيلة مؤقتة من الأسمنت المضغوط على أن تكون الإبرة المستعملة للحقن بطول ٥٠ سم تقريباً .
والملاحظة الهامة الجديرة بالذكر في عملية الحقن أنه لا يجب محاولة حقن مستحلب المواد الأيڤروكربونية مباشرة تحت سطح الماء إذ إنها تتعرض للانفصال قبل دخولها بعمق في الشق .

تأثير الاختراق الشعري للماء في المون و الخرسانات التي أساسها المواد الأيڤروكربونية :

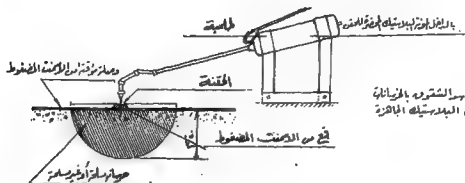
تتحصر المسألة في عامل أساسي هو خاصية الالتصاق . وسنبين ذلك فيما بعد . فالخرسانة ذات نسبة التكاليف الجيبي ٩٥٪ ومحصنة بمواد خلطة ومون ليست لها قابلية تصاهر كافية بالنسبة لبعضها ، وسرعان ما تتعرض للنحر بفعل الاختراق الشعري للماء ، مما يحدث نزح طبقات المواد الأيڤروكربونية وينتج أن تمرى حبيبات الخرسانة بعد تشرب طویل المدة وبالتالي تفقد الخرسانة . ومن جهة أخرى فإن قوة المقاومة تتناقص بنسبة طردية مع الانتفاخ الذي هو الدليل على حدوث الاختراق الشعري وتبعاً لمدة تغطيس الخرسانة في الماء فإن الرسم البياني (ب) يعطى أولاً النسبة المئوية للامتصاص لاسم الخرسانة الأيڤروكربونية ذات التكاليف الجيبي العالي (هذا الامتصاص حدث سريعاً جداً ويلون انتفاخ) كما أنه يعطى نسبة الانتفاخ وحده التي بالعكس تتم بالتدرج بالانتفاخ البطيء للمواد الأيڤروكربونية والتلاصق مع أسطح مواد الخلطة .

أما الرسم البياني (ج) فإنه يبين الهبوط في قوة مقاومة الخرسانة ومنه يظهر أنه لانتفاخ الحجم بنسبة ٢٪ فإن الهبوط في المقاومة يزيد عن ٥٠٪ ويمكن أن تصل إلى $\frac{5}{8}$ من قوة المقاومة الأولى .

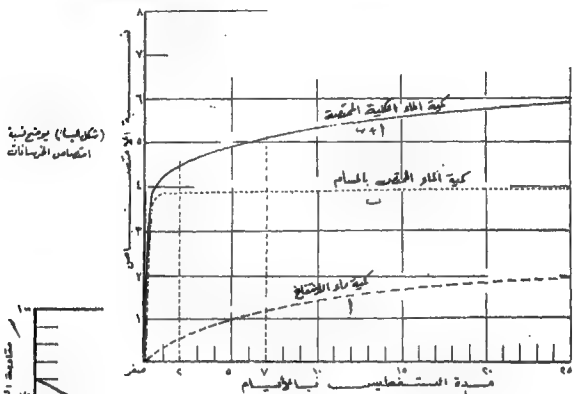
وفرة المون و الخرسانات البيتومينية بالمادة الأيڤروكربونية .

وسنبين ذلك فيما بعد أنه للحصول على عزل تام فإنه يجب توافر الخاصية الأساسية وهي خاصية الالتصاق ، ولكن هذا لا يكفي فالمركب الأيڤروليكي المخصص للحماية لا يجب أن يتبع التغيرات الشكلية التي يتعرض إليها أو يجبر عليها مثل حدوث التشققات نتيجة نقصان في مونة المادة .

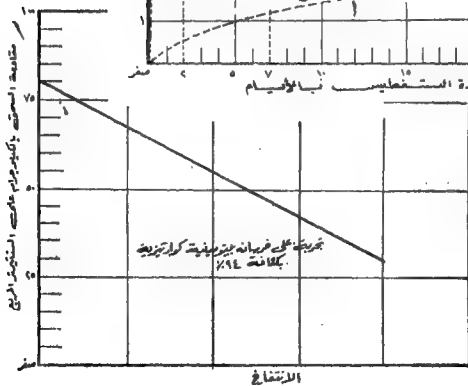
وقد تبين الأمر مدة من الزمن بين الغنى بالمادة الأيڤروكربونية وبين نسبة الاحتواء بهذه المادة بمعنى وجود ظاهرتين تختلف أو تتميز الواحدة عن الأخرى . فالمرحوف أن خرسانة الزلط والرمل تحتوي على ٩٪ من المادة الأيڤروكربونية تكون خرسانة غنية جداً بهذه المادة في حين أن المون التي بها ٩٪ مادة أليڤروكربونية تكون بالعكس مركب فقير جداً من هذه المادة الأيڤروكربونية .



شكل ٢١ يبين طريقة دس الشقوق بالخرسانة بواطة الخرسانة البديلة الجافة



شكل ٢٢ يوضح نسبة استهلاك الخرسانة



شكل ٢٣ يبين الخط البياني لتأثير الخرسانة البترسية المغطاة بالنسبة لقوة الحصى نتيجة ارتفاع الماء

الفصل الخامس

عزل المنشآت عن تأثير الماء

وبعناية فائقة وإثنه في مثل هذا النوع من العمل يجب مراعاة التعاون التام بين مقاول البناء ومقاول أعمال العزل . إذ أن كلا منهما يكمل عمل الآخر كما وأن عمل كل يجب أن يحمي الآخر .

تعزل المنشآت إستاتيكياً عن فعل الماء بإحدى الطريقتين :
أ - تشييد الحواطط الخارجية للمبنى من مواد لها درجة عالية لعزل الماء :

مثل المعادن كحديد الزهر والحديد الصلب والنحاس والرصاص وبعض السبائك المبكوة منها ، وكلها الخرسانة المسلحة سابقة الإجهاد ، هذه المواد كلها يمكن أن تقى بالفرش إذا ما استعملت استعمالاً صحيحاً مع عدم وجود أى متفقد للماء يمكن أن يسلكه إلى الداخل .

هذه المعادن يمكن استعمالها بشكل ألواح ذات سمك كاف ثلحم فيما بينها بالكهرباء كما أن بعضها كالنحاس مثلاً يمكن أن يستعمل على شكل شرائط تلف حول المبنى بعد تغطية سطحه الخرساني الخارجي بمحلول بيتوميني من طبقتين مكوناً حاجلاً كيميائياً . هذا المحلول البيتومي يساعد على التصاق طبقة المعدن العازلة مع دهان سطح المعدن بعد تمام لصقه بطبقة بيتوم سائخ لحمايته ، إن وصلات الشرائط للمعدنية المتجاورة تتم بركوب ٦ سم من هذه الشرائط فوق بعضها وتلصق كذلك بالبيتوم السائخ . هذه الطريقة من الوصل لا تمثل نقطة ضعف بالنسبة للعزل ، فقد عملت عدة تجارب بمعامل مدرسة التكنولوجيا بمدينة إستوت جارت Stuttgart بألمانيا على عينة من وصلة نفدت بشرائط النحاس وعُرضت إلى ١٢ ضغطاً جويّاً دون الحصول على أقل أثر لنفاذ الماء .

حديثاً أمكن الوصول إلى درجة عالية لعزل المنشآت بتثبيتها بالخرسانة سابقة الإجهاد وبذلك أمكننا الاستغناء عن وضع مواد العزل التي كانت متبعة من قبل ، كما سيأتي شرحه بهذه الطريقة ، نفذ رصيف برانل Brand بباريس . إن أبعاد الجزء السفلي للرصيف ٢٢×٨٠ م وارتفاع ٨ م ، يتعرض هذا الرصيف وقت الفيضان إلى ضغط إيدرو إستاتيكي يعادل ٧ متر - كما في الشكل التالي يمثل القطاع العرضي للرصيف وكله من الخرسانة سابقة الإجهاد التي يحصل عليها بشد كابلات في كلا الاتجاهين . فالإجهاد الطولي تم بشد الكابلات الرموز لها بالحرف (أ) وعلى ذلك فالخرسانة جميعها مضغوطة في جميع أجزائها وبذلك تضمن عدم حدوث أى شروخ أو نفاذ الماء إلى داخل هيكل الرصيف ، يتركز هذا الرصيف على آبار صببت بالخرسانة ،

إن عزل المنشآت من أهم الأعمال الضرورية لحمايتها من فعل الماء . هذا العزل يجب أن يحقق التباعد التام بين الوسط المحيط وهو الماء وبين المواد المختلفة للمنشأ حتى لا تدخل مع الماء في أى تفاعل كيميائي أو تأثير تبادل أيوني أو غيره ، في الوقت نفسه يجب حماية المبنى من مياه النفاذ التي تغزوه . هذا النفاذ ولو كان بكميات ضئيلة جداً فإن التآكل في وجودها قد يؤدي إلى نتائج وأضرار وخيمة .

فالبنى الموجودة تحت الماء يتعرض إلى نفاذ الماء بداخله تحت ضغط يتناسب تناسباً طردياً مع ارتفاع عمود الماء فوق المبنى أن ارتفاع الماء ١ متر يعطي ضغطاً يعادل ١٠٠٠ كيلو جرام على المتر المسطح للأوجه الخارجية للمبنى سواء كانت أفقية أم رأسية .

والعزل يتم بإحدى الصيغتين الرئيسيتين :

١ - العزل الديناميكي :

وفيه يلجأ إلى دفع هواء مضغوط داخل المبنى لمعادلة ضغط الماء الواقع على أسطحه الخارجية والوقوف ضد نفاذ الماء إلى الداخل تحت تأثير هذه الضغوط الخارجية . هذه الطريقة تشابه طريقة العمل داخل الصندوق السابق ذكرها والتي بها أمكن زيادة ضغط الهواء في الداخل لمنع دخول المياه .

ولكن عملياً أن نسبة زيادة ضغط الهواء بالداخل محدودة بقدرة تحمل الإنسان للضغط مما يضطرنا إلى قصر استعماله على الأعمال التي يمكن تدريب شاغلها على تحمل زيادة الضغط ، كما هو الحال في حالة العمال المشتغلين داخل الصناديق في حجرة العمل ، والذين بالتعود يمكن أن يصل تحملهم للضغط إلى ستة ضغوط جوية .

٢ - العزل الإستاتيكي :

وفيه يستعمل مواد تتميز بصفة عزل الماء وتدخل في صنع الهيكل الخارجي للمنشأ . وهذه إما تختلط مع مادة البناء أو تستعمل ككسوة أو تجليد coveledge للحاائط الخارجية للمبنى من الخارج أو الداخل هذه المواد تؤكد وحدها صفة العزل للمبنى جميعه وتمنع تسرب الماء إلى داخله .

وسنفرّد هذا الباب إلى الحديث بصفة خاصة عن العزل الإستاتيكي .

إن العزل عملية شاقة ودقيقة يجب أن تنفذ بطريقة مضبوطة

عنه في المباني النصف غاطسة والمباني التي تقع في المنطقة ما بين مستوى المد والجزر .

العزل باستعمال المواد الأيدروكربونية :

يتلخص العزل باستعمال المواد الأيدروكربونية في تحقيق اتحاد فعال ومستديم بين المواد الداخلة في تشييد المبنى وبين مواد العزل . وهذه إما القطران أو البيتوم أو مركبات أساسها هاتين المادتين . إن المسألة إذن مسألة الالتصاق ، وحل هذه المشكلة يجب أن يحقق العزل وعدم نفاذ الماء للمباني سواء الحجرية أو المشيدة بالحرسانة المسلحة . وذلك باستعمال صحيح لهذه المواد التي أساسها المواد الأيدروكربونية المحضرة لهذا الغرض .

وفي الوقت نفسه على هذه المنتجات أن تحقق الحماية ضد تآكل مختلف المادتين المكونة لهيك البناء مثل تآكل حديد التسليح أو تآكل الحرسانة الأمتية .

ويجب التحذير من تعرض طبقات هذه المواد الأيدروكربونية لقوى القص خوفاً من انزلاق الطبقات فوق بعضها .

والمواد الأيدروكربونية أهمها :

١ - القطران :

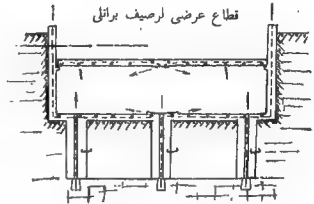
وهي تنتج من التقطير الإتلافي للفحم الحجري أي تسخين الفحم الحجري بمزج من المواء وقبل الوصول إلى الناتج النهائي للتقطير وهو القطران الصلب المشق فإنتا نحصل على قطران سائل يتميز بصفة اللزوجة . إن القطران المستعمل في العزل يمكن اعتباره خليط من القطران المشق والزجج . وهذا فعلاً ممتاز بمقدرة عالية على الالتصاق والتماسك واللصق . إن قدرة الالتصاق تعني الالتصاق بالمواد الأخرى في حين أن قدرة اللصق تتوقف على التلاحم الداخلي بين جزيئات المادة والتي بدورها تتوقف على درجة لزوجة المادة ، التي هي من الخواص الرئيسية المميزة لها .

ب - البيتومينات :

إنها مواد تختلف عن مواد القطران ، فهي إما تكون من أصل طبيعي كما في بعض أنواعها أو تنتج من التقطير الإتلافي لخامة البترول ، إنها أجسام تشابه في مظهرها المواد المتخلقة بعد التقطير الإتلافي للفحم الحجري - ويمكن لهذه المواد أن تذوب في زيوت البترول فتعطي مواداً لها مظهر مواد القطران .

إن البيتومينات السائلة أو الصلبة تتميز مثل مواد القطران بلزوجتها وبالتلاحم الداخلي بين جزيئات المادة والالتصاق بالأجسام الأخرى . وقبل التعرض لشرح خواص هذه المواد نتعرض إلى تعريف بعض المصطلحات وذلك لتحديد معناها الدقيق .

وارتكزت على تربة جيرية صلبة . شذت بداخل هذه الآبار كابلات (ب) ربط طرفها العلوي بهيكل الرصيف وذلك لتجنب قوة الدفع إلى أعلى وقت الفيضان .



ب - استعمال طبقات من مواد عازلة لحماية المنشآت من تسرب الماء بداخله :

إذا ما كان المنشأ مشيداً بالحرسانة أو المباني الحجرية فلحمايتها من فعل الماء يلجأ إما إلى إدخال مواد خاصة في نفس خلطة الحرسانة أو بتغطيتها بطبقة من مواد عازلة تلتصق على الحائط الخارجي للمبنى ، على أن تغطي بلورها بطبقة خرسانية لحمايتها من السقوط . هذا ما يسمى بطريقة التجليد ، كما سترى فيما بعد أن المواد العازلة هذه يجب ألا تدخل في أي تفاعل كيميائي مع الماء المحيط أو مع الحرسانة نفسها . قديماً كان يُلجأ لحماية المنشآت أثناء تنفيذها إلى ألواح من الصلب تُترك مغمورة فوق المباني . ثم استعاض عن ألواح الصلب بطبقات من مواد مرنة قابلة للتلاحم فيما بينها وبهذه الطريقة حُلَّت مشكلة الحماية ثم استعملت نفس طبقة الحماية للوصول إلى عزل مستمر .

حالياً يتم العزل للمنشآت الخرسانية أو الحجرية عادة باستعمال المواد الأيدروكربونية الثقيلة التي توجد للاستعمال على نماذج مختلفة ، أو أسفلت سائل أو مجموعة مركبات متعددة الطبقات أو مجموعة طبقات من اللباد المشبع بالبيتومين . كما أنه يمكن الوصول إلى العزل باستعمال طلاعات داخلية من مواد مانعة لتسرب الماء كما سيأتى شرحه فيما بعد عند التكلم عن نماذج طبقات العزل .

وقبل التكلم عن هذه المواد الأيدروكربونية وطرق العزل بها ننوه إلى أننا سنتبين في الباب السابع تأثير أنواع الماء المختلفة على الأمتعت والحرسانات وقوة احتلال كل منها . هذا التأثير إما كيميائياً أو ميكانيكياً - كما سنذكر مدى التأثير الميكانيكي بالنسبة لبعد المنشأ عن سطح الماء الذي يختلف في المباني الغاطسة

١ - المسامية :

يطلق على أى مادة إنها مسامية إذا كان الحجم الذى تشغله لا يملأ كلياً بالمادة التى تكوّنهُ ، أى يوجد فراغات يمكن أن تظهر على صور متعددة - ويمكن تقديرها فى مجموعها بالنسبة المثوية للحجم الكلى .

إن نسبة تكاليف حبيبات المادة هى الرقم التسم لرقم النسبة المثوية للمسامية حتى يكون المجموع يساوى ١٠٠ - فمثلاً المادة التى نسبة مساميتها ٢٥٪ تكون نسبة تكاليف حبيباتها ٧٥٪ .

وليس من الضرورى أن تكون المسامية دليلاً أو سبباً لتعيب المادة . فالمسام والفراغات والفجوات لا تمثل خطراً إلا بمقدار التلف والإقلال من قوة مقاومة المادة الناتج من اتصالها بالسطح الخارجى .

إن الخرسانة بها فجوات كما أنه بها مسام - ولكنها إذا ما حضرت حسب أسسول الصناعة فإنها تكون عازلة لنفاذ الماء .

إن المون الداخلى فى تكوينها الرمال الناعمة تعتبر مسامية وقليلة العزل لنفاذ الماء . وبصفة عامة يجب تجنب المسامية العارضة أثناء تحضير الخرسانات إذ غالباً ما تكون السبب وفقاً لخاصية النفاذ بالاحتفاظ بنسبة ولو قليلة من الماء .

٢ - النفاذ :

يقال لأى مادة إنها منفذة لسائل ما إذا ما أمكن لهذا السائل من اختراق والدخول فى مسام هذه المادة .

وتتوقف ظاهرة النفاذ هذه على النسبة المثوية للفراغات المتصلة بالخارج فهى تزداد طردياً بزيادة أقطار قنوات التوصيل .

٣ - الخاصية الشعرية :

إن الخاصية الشعرية مادة ما مثل خاصية النفاذ كلاهما يتوقف على النسبة المثوية للفراغات المتصلة بالخارج - ولكن بدلاً من أن تتغير تغيراً طردياً مع أقطار القنوات الموصلة للفراغات بالسطح الخارجى فإنها تتغير تغيراً عكسياً .

ففى الخاصية الشعرية تتناسب طردياً مع الشد السطحي الذى هو صفة ذاتية للسائل . هذا الشد السطحي ليس هو الذى ينظم الدخول الشعرى للسائل فى المادة ، بل خاصية هناك تتوقف على كل من السائل والمادة ، وهى ما يطلق عليها بالشد بين السطحيين أو بمعنى آخر أن عملية دخول السائل فى المادة بالخاصية الشعرية تتوقف على قابلية تبلل المادة بالسائل الذى يخترقها . هذه الحقيقة هامة جداً كما سنرى فيما بعد .

٤ - صفة العزل :

إن أى مادة عازلة يمكن أن تكون مسامية ، ولكن يشترط أن تكون غير منفذة وخالية من المصاهرة الشعرية للسائل اللامس ، فإذا ما كان السائل هو الماء فهذه المواد لا يجب أن تكون هيجروسكوبية أى منفذة للماء . هذان الشرطان الضروريان ليسا كافيين ، فالمادة لا يجب أن تكون غير منفذة أو غير هيجروسكوبية فحسب ، ولكن إذا ما بقيت مغمورة فيه فإنها لا تتأثر حتى لا يتغير تكوينها مع الزمن بفعل التأثيرات الممكن تداركها والتى تنقسم إلى النوعين الآتيين :

- (أ) التآكل : هذا التآكل يجب أن يقل إلى حده الأدنى ما أمكن وأن يكون فقط سطحياً .
(ب) الانبعاجات والتغير فى الشكل :

وهى الناتجة من التقلصات ومن التمدد أو الحركة للمواد نفسها أو حركة هيكل البناء . فى هذه الحالة يجب أن تكون المواد إما ذات مرونة كافية حتى لا يحدث بهذه المادة أى شروخات وفى هذه الحالة يطلق على المادة أنها مرنة أى قابلة للاستعطالة .

الخواص الموحدة والخواص المختلفة بين المواد الناتجة من الفهم الحجرى والمواد الناتجة من البترول :

إن مواد القطران فى العادة أكثر قابلية للالتصاق من المواد البيتومينية ، إلا أن تعرضها للتقدم يكون سريعاً وذلك بتغير زيوتها الأكثر قابلية للتغير عن زيوت البترول إذا ما قورنت ببعضها عند درجة لزوجة متساوية . إن درجة اللزوجة للقطران تتغير تبعاً لتغير درجة الحرارة بنسبة أكثر عنها بالنسبة للبيتوم ، أى أن مواد القطران أكثر حساسية لفروق درجات الحرارة . كما أنه بالنسبة لأنواع البيتومينات يلاحظ أن أنواع البيتوم المؤكسد أقل حساسية لفروق درجات الحرارة من البيتومينات الناتجة من التطهير المباشر للبترول . هذه البيتومينات تقاوم بطريقة أحسن عوامل التقدم وذلك بفعل الأكسدة كذلك مما يجدر ملاحظته أن الشد السطحي للجزيئات بالنسبة لمواد القطران تظهر بوضوح أعلى من الشد السطحي لمواد البيتوم التى فى نفس درجة اللزوجة وتبعاً لذلك أن الضغوط الشعرية لكل من مواد القطران والبيتوم التى تتناسب مع الشد السطحي فإنها تختلف بنفس النسبة . ففى المتوسط أن الشد السطحي لمادة البيتوم أقل بنسبة $\frac{2}{3}$ منها لمادة القطران فى نفس درجة اللزوجة .
وأخيراً أن مواد البيتوم ومواد رواسب البترول يمكنها أن تنوب بطريقة أفضل من ناحية الالتصاق فى زيوت القطران ولكنها يمتزجها التقدم بسرعة . وبالعكس لا يمكن إذابة مواد

إن المواد الأيدروكربونية وخصوصاً البيتوم هي مواد قليلة النشاط من الناحية الكيميائية .

فمواد القطران والبيتوم في حالتها الطبيعية في العادة ذات تأثير حامضي ضعيف ، ولذلك فلها قابلية للمصاهرة مع المواد القاعدية مثل خرسانة الأسمت البورتلاندى أو خرسانة الأسمت السوبر سميت وكذا الجير والحجر الكلسي والحجر الدولومى dolomie لها والحيت القاعدى الناتج من القرن العالى وبعض المواد الأخرى .

وبالعكس فإذا ما لصقت مباشرة فوق المواد الحامضية فإنها تلتصق بدرجة ضعيفة أو على الأقل ينشئ دالماً من انترعها بواسطة النفاذ الشعري للمياه للملاصمة . مثال ذلك مادة الكوارتز - والكورتزيت - والسيليس ، وكثيراً من أنواع الجرانيت والرخام - السماق ، وعموماً كثيراً من الصخور للنبلوزة .

فلجمل المواد الأيدروكربونية لها القدرة على الالتصاق بالمواد الحامضية يجب إضافة كمية قليلة جداً عليها من منتجات خاصة تحقق الشد المطلوب يطلق عليها . أكثر هذه المنتجات استعمالاً هي الصابون الغير ذائب أو الأحماض الدهنية *acides gras* أو الصمغ الغير قلوية . إن الأحماض الدهنية لا تكفى لتحقيق التصاق مواد العزل على المواد الحامضية ، ولكن هذا الالتصاق يحصل عليه ترواً إذا ما وضع أو أدخل بين المواد الحامضية والأحماض الدهنية (التى تثبت على أسطح مادة العزل) مواد أساسها أملاح لا تنوب في الماء مثل الجير . أما مادة الباريت *barite* وهذه تكون أسمت لا ينوب في المسافات بين المادة العازلة وسطح مادة البناء . هذا الأسمت يمنع لإحلال الماء محله .

حديثاً وجدت منتجات خاصة تسمى بالصابون الكاتيونى بإضافته مواد العزل بكميات قليلة فلتلتصق مباشرة على المواد الحامضية ، تكون سالبة التكهرب عند تلامسها بالماء في حين أن مواد العزل لها غلاف خارجى موجب التكهرب نظراً لوجود قشرة من الصابون الكاتيونى على السطح بالعكس إن أنواع الصابون العادية تغطي غلافاً سالب التكهرب لا يمكن أن يلتصق على الغلاف السالب للمواد الحامضية إلا بإدخال مادة كاتيونية كالجير مثلاً الذى هو موجب التكهرب .

لم تكتمل فيما سبق إلا على خاصية الالتصاق لمواد العزل إذا ما وضعت على خرسانة الأسمت أو الحجر أو ما شابه ذلك . أما فيما يتعلق بالمعادن وبالأخص حديد الصلب الذى يهين كثيراً في المنشآت التى نحن بصددها فإن التصاق المواد الأيدروكربونية على حديد الصلب يتم بسهولة عن الالتصاق

رواسب الفحم الحجري بالزيوت المستخرجة من البترول ، فالشد السطحي لهذه الزيوت الأخيرة ليس مرتفعاً بدرجة كافية .

خاصية الالتصاق للمواد الأيدروكربونية :

من الناحية التى تهتمنا يعتبر الالتصاق الخاصية الأساسية للمواد الأيدروكربونية ، وللمقصود بالالتصاق ليس فقط التلامس البسيط لقشرة مرنة فوق سطح صلب كالمعروف بالتلامس الميكانيكى ، حيث لا يوجد التصاق حقيقى . فالقشرة المرنة يمكن أن تظهر ملتصقة جيداً تحت مختلف التأثيرات (كالضغط الجوى أو التصاق جسمين بسبب خشونة سطحيهما الخارجيين) ، ولكن في الحقيقة في هذه الحالة لا يتحقق التلامس الحقيقى بالمرة لأن قشرة مادة العزل التى ليس لها ملاصقة للالتصاق تنقلص بفعل الانقباض الفروى مسببة التغير للسائل المذيب أو التجمد للمادة المستحلبة أو تبريد المادة العزل الساخنة .

إن قشرة مادة العزل لها كذلك خاصية الشد ، وبالشد تتضح الحقيقة في عدم الالتصاق لأن الغشاء المرن المشدود لا يرتكز إلا على رؤوس نتوءات متناهية في الصغر الموجودة على السطح الخارجى للبناء ؛ وعليه فوجود دالماً مسافة حرة بين طبقة العزل والسطح الخارجى للمبنى يمكن تحديد سمكها المتوسط ولو أنه صغير جداً بمقدار $\frac{1}{10}$ أو $\frac{1}{20}$ من الميكرون .

فإن لم يكن هناك تلامس فالتلامس مع الماء ووجود ثغرة ولو كانت متناهية في الصغر فإنه تحدث ظاهرة تشرب بالامتصاص الشعري . إن الضغط الشعري يرتفع جداً ويزداد كلما قل السمك الشعري ، وبالعكس . ففى هذه الحالة فإن سرعة الاختراق تكون أكثر بطء تبعاً لتأثير لزوجة السائل النفاذ وتكون النتيجة انتفاخ القشرة المرنة العازلة ثم انزعاجها وتلف كل الطبقة العازلة .

إن الالتصاق خاصية لا تتوقف فقط على التلامس الميكانيكى لسطحين . بل تتوقف كذلك على قابلية المصاهرة والملاصمة لجزيئات مادة الطبقة العازلة مع جزيئات المادة الصلبة للسطح الخارجى للمبنى والذي يحدث ليس فقط تلامس عام ، بل يحدث تلامس فردى جزئى جزئى . ولما كانت جزيئات سطح المبنى الصلب ثابتة الاتجاه فإن الجزيئات المصاهرة لها من السائل تنبىء وضعا في الاتجاه الذى يحقق التلاصق التام . هذا التلاصق يخضع دائماً لقوانين التكاثر الكيميائى .

وعليه فخاصية الالتصاق ليست ظاهرة ميكانيكية ، ولكنها ظاهرة كيميائية بمحة أو طبيعية كيميائية حسب الحالة .

مادة حامضية . فالخليد المغطى بطبقة أكسيد خفيفة والذي يكون ذات تأثير قاعدي فإنه يلتصق بسهولة بمواد العزل التي تكون غالباً خفيفة الحامضية (الفينول للقطران - والأحماض النتالينية للبيتوم) وإن الالتصاق يكون بنفس الدرجة لالتصاق مواد العزل بالصخور القاعدية .

ولا يفوتنا في هذا المجال أن نذكر فيما يتعلق بأنواع القطران أنه من الأفضل أن يحتفظ القطران بنسبة ضئيلة من الفينول حتى يمكنها الامتزاج وتكوين عجينة متجانسة فوق الحديد الصلب والالتصاق به جيداً وبالعكس فإن زيادة نسبة الفينول في القطران تمثل عيباً جسيماً . ولهذا السبب إذا لم يشر باستعمال أنواع القطران الخالية من الفينول فإنه يفضل أن تستخرج أو تتعادل كيميائياً .

وإذا فيما يتعلق بمواد البيتوم فإن التصاقها بالحديد الصلب أقل درجة من التصاق مواد القطران ولكن من السهل أن تزيد من درجة التصاقه وذلك بإضافة كمية ضئيلة جداً من الفينول إليه وإضافة جزء صغير من زيت الفينول وعلى كل حال إن أنواع البيتوم المستعملة تحوي دائماً على جزء طفيف يقدر بحوالي ٣ - ٥ ٪ من قطران الفحم الحجري ، وعليه فنجد أنه دائماً يحوي على نسبة قليلة من الفينول . إن إضافة المنتجات مثل الأحماض الدهنية أو الصابون العادي ينحصر عمله في تحسين التصاق المواد الأندروكربونية بالصلب . وبالعكس فإننا نتخذ أن الصابون الكاتيوني لا يستحب في مثل هذه الحالة .

أما فيما يتعلق بمواد الفينول وهي مواد الفينول الحقيقي ، ومواد الكريزول ومواد الزيلينول (فإن وجودها في القطران بكمية قليلة جداً يحسن التصاق القطران بالمواد القاعدية كما هو الحال مع مواد البيتوم ولكنه يكون ضاراً بالنسبة للأسمنت البورتلاندي عند استعمال مواد القطران المختوية على نسبة كبيرة من الفينول الذي بوجوده في حالته الحرة يؤثر في الجير الذي يطلق حراراً وقت شك وتجمد الأسمنت مكوناً فينولات ذات النسبة العالية الذوبان نسبياً ، وعليه فينتج تآكل خرسانة الأسمنت باستعمال القطران ذات النسبة العالية من الفينول ، مما يسبب ضرورة استعمال منتجات محضرة خصيصاً لمثل هذه الأعمال .

استعمال المواد الأندروكربونية في عزل وحماية المباني الحجرية وخرسانات الأسمنت :

تستعمل المواد الأندروكربونية كطلاء لعزل اللون والخرسانات وحمايتها من تأثير الماء . ويمكن لمون الأسمنت أن تطمت مساهمها بالنسبة للماء . بمجالتها بمواد أندروكربونية على

درجة كافية من السيولة ، ولكن يجب أن تكون مساهمها بحيث تمكن للمادة الأندروكربونية السائلة الدخول فيها .

وعليه يمكن التفكير في إدخال مادة القطران ذات درجة لزوجة معينة بين مسام خرسانة الأسمنت حتى تكون عازلة ، أو إدخال بيتوم سائل بنفس درجة اللزوجة سواء كانت ساخنة أو باردة .

إن المواد الأندروكربونية العازلة لكي تخترق مسام طبقة خرسانة الأسمنت يجب أن تكون سائلة بدرجة كافية حتى تسمح عند مرور الماء فيها بتكوين مستحلب . بخلاف ذلك يجب أن تكون هذه المواد الأندروكربونية لها درجة معينة لامتصاص الماء أو أن تكون قادرة على التوغل والدخول في المسام في حالة وجود طبقة أو قشرة رقيقة من الماء على أسطح الشعيرات . وعليه فيجب أن تكون بالمواد العازلة نسبة خفيفة من الفينول أو تعالج بالأحماض الدهنية مع خلوها من المواد التي تسبب الاستقلاب وميالة بدرجة كافية كما تسمح للماء بأن يمر فيها مكوناً مع المادة الأندروكربونية المستحلب المطلوب .

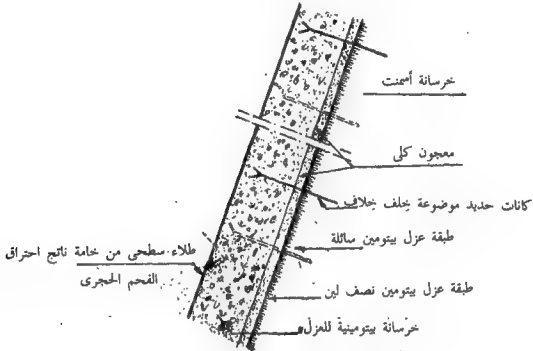
إن مستحلب البيتوم الذي يكون وحدة واحدة داخل الخرسانة في وسط مائي لقطرات البيتوم ، اللينة بإضافة صابون ، لا يكون أو يمثل مادة عزلة يمكنها أن تدخل في خلايا الخرسانة . وفي الحقيقة أن مستحلبات البيتوم في الماء تنقطع على أسطح الأجسام حتى الأجسام المسامية ، لأن هذه الأخيرة سريعاً ما تستولى على الصابون المثبت للمستحلب بمجرد ملامسته ، وهذا الاستيلاء على الصابون دائماً ما يتناسب طردياً مع سمك الشعيرات .

وبالإضافة إلى ذلك فإن المستحلب باهظ التكاليف خصوصاً إذا ما أردنا تكملة العزل للسطح الذي مهد له بدخول مادة عازلة سائلة محضرة لهذا الغرض . فإذا كانت المادة العازلة السائلة أساسها قطران الفحم الحجري خصوصاً إذا كانت تحتوي على محلول الكبروليني ، وهنا يتحقق الالتصاق الكامل بين نوعين من اللون ، ويتكون عند انفصلهما غشاء مكون من راتنج القطران الذي ينشأ بالتلامس مع البيتوم .

وبذلك نرى أن العزل بهذه الطريقة يمكن أن يستعمل كطريقة تتناسب وتلحق طبقة من الخرسانة البيتومينية فوق مون وخرسانة الأسمنت . فمثلاً يوجد طريقة تلخص في البدء بشبع اللون والخرسانات بمادة خاصة سائلة من القطران يمكنها الدخول بين مسام اللون والخرسانة حتى فوق الحوائط الرطبة . وتباً لدرجة مسامية الأسطح يفرض طبقة أو طبقتين من هذه المادة العازلة القادرة على الدخول بين المسام . وفوق أول طبقة يرش

المستحلب ثابته بمادة ميثية تكون طبيعته ونسبة الاحتواء تتوافق مع طبيعة ونسبة الاحتواء للمحلول الالكتروليتي بالقطران المخضر . والمهم هنا توافق النسب .

بطريقة ميكانيكية مستحلب أو محلول البيتوم . كما أنه يمكن كذلك استعمال البيتوم السائل كما في الشكل التالي ولكن يفضل مستحلب البيتوم لأنه يمكن اختيار نوع من البيتوم نصف طري بدلاً من بيتوم سائل يحتاج لأن يجف . المهم هو أن يكون



عزل حائط خرسالي باستعمال الخرسانة البيتومينية
طريقة التصاق خرسانة الأسمنت بالخرسانة البيتومينية للعزل

فوق هذا الطلاء من المواد الأيلايدوكربونية الخفيفة توضع
طبقة طلاء بيتومينية رقيقة

وبالرجوع إلى التكلم على مواد تشبع الخرسانة أو مون الأسمنت نقول : إن هذه المواد لا يجب عليها فقط أن تدخل في مسام خرسانة الأسمنت وتلتصق بها (تقريباً كطريقة دخول النبات بجذوره في داخل التربة) بل بالإضافة إلى ذلك يجب على هذه المواد ألا تقصد وتضغف من قوة مقاومة مونة أو خرسانة الأسمنت كما يجب ألا تحدث أى تآكل .

في بعض الحالات فإذا ما أردنا مثلاً حماية حائط سد فإنه يمكن وضع - فوق هذا الطلاء البيتوميني - طبقة "من خرسانة بيتومينية للحماية ، محضرة بطرق خاصة (تتميز بزيادة نسبة البيتوم في الخرسانة) كما أنه بدلاً من استعمال مونة أو خرسانة بيتومينية فإنه يمكن استعمال طلاء من المادة النقية يلتصق بالأسمنت بطريقة كاملة يدخل في تكوينها الرمل أو كسر الرخام السماقي حسب طرق التنفيذ المعروفة .

الإصلاحات الغير إنشائية والشروع الغير إنشائية

الباب الخامس

الفصل الأول

الإصلاحات الغير إنشائية

الالتصاق مثل الشحوم والدهون .

٤ (يجب العناية بصيغة خاصة بالخرسانة التي تساقطت نتيجة لتعرضها لمياه البحر أو المياه الجوفية أو أى مواد مضرّة بالخرسانة وكذلك الأعضاء التي بها نسبة كبيرة من الكلوريدات إذ يجب في هذه الحالة إزالة كل الخرسانة المغطاة على أيونات ضارة .

٥ (يستحسن ربط الخرسانة أو مونة الإصلاح بالخرسانة القديمة فإذا لم يكن هناك صلب تسليح في المنطقة المطلوب إصلاحها فيمكن استخدام مسامير ربط 'dowels' تثبت بالخرسانة القديمة لربطها بالخرسانة الجديدة .

٦ (دهان الخرسانة القديمة بمواد تساعد على حماية التسليح من الصدأ وإذا كانت هذه المواد عتوية على حامض فوسفوريك أو أية أحماض أخرى فيجب عدم استعمالها لاحتال تفاعلها مع الخرسانة أو مونة الإصلاح ، ومن المواد التي يستحسن استعمالها ::

أ) البولي يمرات وأحسنا البولي يمرات اللبثية polymers latex ويمكن استعمال مستحلب اللاتكس مع المونة ويدهن بها السطح حيث يتناسك اللاتكس والمونة على الأسطح تماسكاً جيداً ولا يتأثر بالرطوبة ويجب وضع المونة قبل أن يفقد المستحلب لزوجته.

ب) الراتنجات وأحسنا الإيبوكسي وتمتاز عن مستحلب اللاتكس بوجود فترة أطول قبل جفافها ولكن يجب الاحتراس الشديد من جفاف الإيبوكسي قبل وضع المونة بحيث لا تزيد المدة عن ٢٠ دقيقة بأى حال من الأحوال وفى بعض الحالات يتم خلط الإيبوكسي بالرمال الحشن لزيادة تماسكه مع الخرسانة أو المونة الجديدة .

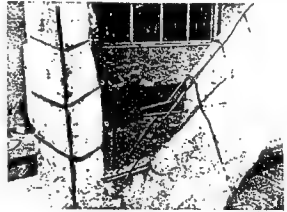
ج) مونة الأمنت وتستخدم في الإصلاح مباشرة بعد دهان السطح القديم وذلك بعمل روبة من الأمنت بمادة ستارين بونادين أو مستحلب أكريليك بنسبة جزء إلى جزئين من مونة الأمنت بالوزن أو روبة الجيرال بوند السابق شرحها .

د) مونة البوليستر والأكريليك وهى أبسط كيميائياً من مونة الإيبوكسي حيث يتكون البوليمر بالتفاعل الكيميائى وبدأ شرارة التفاعل عامل مساعد catalyst غالباً أكسيد peroxide

معنى الإصلاحات الغير إنشائية هي التي لا تؤدي إلى زيادة قدرة العضو الخرساني على تحمل الأحمال وتلخص في البنود التالية :

تساقط الخرسانة :

ينتج تساقط الخرسانة من تعرضها لظروف جوية قاسية أو بيئية محيطة مضرّة ، نتيجة لصدأ الحديد ، ضعف الخرسانة نتيجة عدم خلطها بالنسب حسب المواصفات وقلة تحملها مع الزمن ، ضعف خواصها الميكانيكية والإصلاح هذا العيب يتبع الخطوات التالية :



شكل يبين تساقط خرسانة العمود وفقد السلم

١ (تختلف أساليب الإصلاح باختلاف المواد المستخدمة فهناك الإصلاح القائم على استخدام الراتنجات أو الإصلاح باستخدام الأمنت والركام في حالة إذا كان الإصلاح كبيراً أو باستخدام المونة في حالة الإصلاحات الأصغر حجماً .

٢ (إزالة جميع الأجزاء المتكسكة والزوايا الحادة والتتويجات الظاهرة والخرسانة الضعيفة حتى الوصول إلى سطح نظيف ومتناسك .

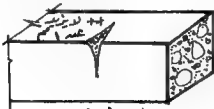
٣ (تنظيف جميع المناطق المتضررة بالهواء أو بالرمال المضغوط وعمل شدات أو قوالب خاصة لاستخدامها عند إجراء الإصلاحات الكبيرة مع إزالة كل الأتربة أو أى مواد تمنع

عند الانكماش ولكن يجب زيادة قابلية التشغيل بإحدى مواد الإضافة التي يخضع A.S.T.M-C-494 type A. وعند تحضير الخرسانة يملأ الفراغ الناتج من التكسير ويتم الدمك جيداً في حالة ما إذا كان السطح أنيقاً ، أما إذا كان السطح رأسياً يتم وضع ألواح خشبية ومفتوحة من أعلا تشكل قمم ثم تصب الخرسانة حتى نهاية التكسير وزيادة . وفي اليوم التالي تزال الخرسانة الزائدة مع مساواة السطح .

(٢) المونة الأسمنتية وتستخدم في حالة الفراغات التي تقل عن ١٠ سم وتتكون هذه المونة : جزء أسمنت إلى ٣ أجزاء رمل ويستحسن استعمال إضافات لتحسين التماسك مع الخرسانة القديمة بالجديدة وفي كلا الحالتين سواء كان الإصلاح بالمونة أو بالخرسانة يجب دهان السطح القديم بروية الجيرال بوند السابق شرحها في أنواع خرسانات الترميم وفي حالة الفراغات الأكثر من ١٠ سم يتم الترميم بطريقة الرش gunit حيث تمتاز هذه الطريقة بضمان حدوث اتصال كامل بين المونة والخرسانة جيداً ثم يتم دهان مكان الصب وحوله بطبقة سميكة من المونة الأسمنتية المكونة من جزئين أسمنت إلى جزء من مادة الإسترين بونادين أو ما يماثلها وإذا كان التشعيب سطحيّاً فبعد عملية التنظيف يدهن السطح القديم باستعمال المونة الأسمنتية الراتنجية التي تلتصق بسطح الخرسانة الرطبة وتكون المواد الراتنجية المستعملة هي الراتنجات الإيبوكسية والبوليوريثان .

الشروخ الرفيعة الشعرية الغير نافذة :

(١) يمكن علاج الشروخ الشعرية الغير نافذة للأعمدة كبيرة وبعرض لا يزيد عن ١ مم والمتشرة بشكل غير منتظم في الأسطح الخرسانية والتي يتكون عادة من زيادة انكماش الخرسانة بدهانها عدة أوجه بمادة إيبوكسية منخفضة اللزوجة وفي جميع الأحوال يجب أن يكون سطح الخرسانة تام الجفاف ونظيف وخالي من أجزاء الخرسانة المتفككة أو زبد الأسمنت وذلك بطريقة مدفع الهواء أو مدفع الماء ، وفي حالة استعمال مدفع الماء يجب ألا تعالج الشروخ إلا بعد الجفاف تماماً ويكون دهان الشروخ بالفرشاة ويستعمل في الدهان مونة الأسمنت أو المستحلب اللثي . وهذه المواد تحرق الشروخ بحرية كبيرة ويمكن أن تملأها تحت تأثير الجاذبية إذا كانت الشروخ بأعلا الكمر أو البلاطة .



شروخ شعيرة

عضوى والمواد الأساسية لراتنجات البولستر لها القدرة على الوصول إلى مقاومة كبيرة بسرعة على التصلد في الأجواء الباردة ويوجد الآن راتنجات الأكريليك أحادي الجزئيات الأنشط من البولستر في التفاعل المؤدى إلى التصلد .

التشعيب :

يحدث التشعيب من وجود مسافة ضعيفة بين حديد التسليح لا تسمح بمرور الخرسانة ، نقص الدمك نتيجة توقف الهزاز وعدم وصول الغزغة أو كان الصب يدوياً أو استعمال خرسانة جافة أكثر من اللازم أو حدوث شك مبكر للخرسانة أو استخدام خرسانة مضى على خلطها مدة كثيرة أو قلة عرض القطاع الخرساني للكمرات التي يعرض ١٢ سم أو حركة الشدة أثناء الصب نتيجة عدم التقوية عليها .

وقبل إجراء أى تكسير في الخرسانة يجب عمل اختبارات لمعرفة مكان التشعيب بأي اختبار مثل الموجات فوق الصوتية أو اختبار بأشعة جاما أو يأخذ قلب خرساني في المنطقة المشكوك فيها ، وبعد معرفة مكان التشعيب يقتضى إزالة الخرسانة السطحية لكشف الخرسانة الداخلية المتفككة ويستحسن صلب العضو إذا كان التكسير يشمل منطقة كبيرة وإذا كانت الخرسانة المتفككة غير مطابقة للمواصفات تستخدم في الطريقة اليدوية للتكسير أو بطريقة الشنور الكهربائي الذي يساعد على عدم تفكك الخرسانة السليمة بعد إزالته ، وقبل هذه الإزالة يجب صلب العضو المراد تكسيه .



شروخ شعيرة

مواد الإصلاح :

(١) الخرسانة الأسمنتية أو الراتنجية وتستعمل هذه الخرسانة إذا كان الجزء المزال كبيراً ويجب أن تكون الخرسانة غنية بالأسمنت مع تدرج حبيبي جيد للركام وأن تكون الخرسانة بها نسبة الماء إلى الأسمنت منخفضة ولا تعرضت الخرسانة للتشقق

٢ علاج الشروخ بطريقة التشرب بالتفريغ :

vacuum impregnation


تكون الشروخ الشعرية عميقة وعمودية على اتجاه قوى الضغط فمن الضروري إزالة كل الخرسانة المعيبة والتي في حالة سيئة ، كما يجب إزالة الخرسانة المعيبة وقطعها كما في الشكل التالى الذى يبين طريقة القطع بالمشار الكهربائى .

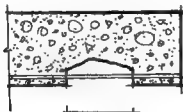


رؤية توضح كيفية إزالة الخرسانة المعيبة
موضع ملء الخواص

ويخصص في الأساسيات الآتية :

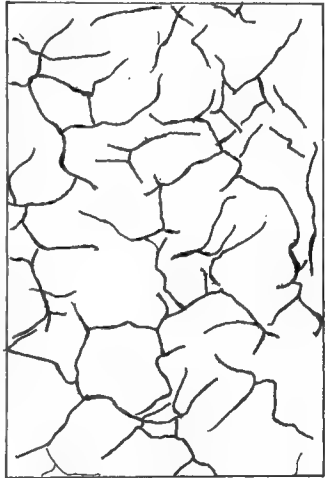
إزالة الأتربة وطبقات الدهان أو الزيوت من على سطح الخرسانة للحصول على سطح متماسك والحصول على أجزاء قوية للأجزاء المقطوعة بحيث لا تكون زوايا القطع حادة جداً فتتكسر أو إزالة كل الخرسانة حول الأسياخ في حالة وصول التحول الكربونى إلى أسياخ الأركان أو في حالة وجود نسبة عالية من الكلوريدات في الخلطة وتشكيل التقطع يتم الآتى :

لا يتم استعمال الطريقة اليدوية والأزبل إلا في الحالات التى يصعب فيها استعمال المشار الكهربائى الذى يصلح لتحديد عرض الشق في حالة إصلاح صدأ الحديد في مساحات كبيرة أو في حالات وعند وجود الشروخ سطحية يتم توسعة الشروخ بالمشار ويكون تقطيع الشروخ على هيئة  وتحدد أبعاد الفتحات على عمق واتساع الشروخ ويجب تنظيف الشروخ وإزالة المواد المتكسكة بالهواء المضغوط إما في حالة قطع الخرسانة للشروخ السطحية المعيبة بالموتة يدوياً فيعمل القطع بزوايا حادة لمنع تماقط الموتة والشكل التالى يبين شرح لا يقل عن ١٠ سم بعد قطعه لإزالة الأجزاء المعيبة .



فتح الشروخ بالموتة لإزالة الأجزاء المعيبة

إذا كانت الشروخ الشعرية منتشرة بالعضو ويكون تدور الخرسانة قريبة من السطح وفيها يتم تغطية الجزء التالف من العضو بغطاء من البلاستيك وتلصق جميع أطرافه بسطح الخرسانة جيداً ثم يتم تفريغ الهواء جزئياً داخل هذا الغطاء ثم تسلط أشعة ذات لروجة منخفضة للراتنجات لتبدأ داخل الغطاء يملأ الشروخ وهذه الحالة تصلح عندما يكون دمك الخرسانة غير كاف ويشكل عام هذه الشروخ سطحية ولا يزيد عمقها عن ١ سم ويعرض ١٠ م .

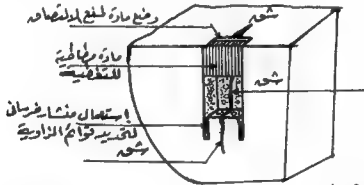


شرخ لا تماخ إلا بطريق التشرب

الشروخ الظاهرة بالخرسانة :

عند وجود شروخ ظاهرة بالخرسانة والناتجة عن أسباب غير إنشائية فمن المفروض في هذه الحالة أن الخرسانة جيدة النوع وأن الشروخ دقيقة ولا تمثل خطورة على استمرارية تحمل التسليح . فإذا تم معانة الشروخ وكانت ناتجة عن سلوك طبيعى للمبنى ، فيجب معالجتها بعناية لتجنب الأضرار التى تنجم عن هذه الشروخ (مثل تسرب المياه خلال هذه الشروخ ، وعندما

يصب حشوه ، وبعد فتح الشرح ينظف بواسطة مياه تحت ضغط لضمان خلوه تماماً من الأتربة ولا يوضع مادة ملء الفواصل فيه إلا بعد الجفاف مع وضع مادة لمنع الالتصاق كما في الشكل التالي. أما عن مادة الملء فيمكن استخدام المركبات الراتنجية أو بسائل البتومين اللزج الخاص بالفواصل ، ويمكن استخدام البتومين الساخن ويجب اتباع مواصفات مادة الملء التي تخضع للمواصفات الأمريكية .



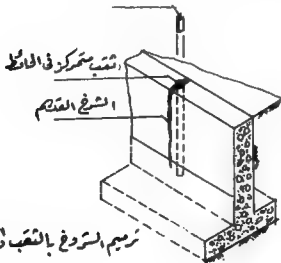
فتح الشروخ لسدها : routing & sealing

ترميم الشروخ بالنقب والحشو :

Repair of crack by drilling and plugging :

تصلح هذه الطريقة إذا كان الشرح رأسياً في الحائط فيمكن عمل ثقب لا يقل عن ٢ إلى ٥،٥ سم مع مركز في الشرح ويجب أن يكون الثقب واسعاً ليوفر مساحة كافية لاسطوانات الحشو المصنوعة من الخرسانة سابقة الصب أو المونة ، ويتم تنظيف الثقب تماماً ثم يسد الشرح من الخارج بمادة بتومينية يمكن إزالتها ، ويتم ملء الثقب بمونة الحقن grout ثم يملأ الثقب بالاسطوانات السابقة الصب وفي حالة ما إذا كان عزل المياه مهماً أو سيحمل هذا العضو أحمال فيمكن ملء الثقب بمادة رجوعية كبيرة ومعامل مرونة أقل من المونة .

الخطوات لعمل



ترميم الشروخ بالنقب والحشو

فتح الشروخ لتغطيتها بمادة مطاطية : flexible sealing : تستعمل طريقة فتح الشروخ لسدها في حالة الشروخ الكبيرة نسبياً وتلخص هذه الطريقة في توسعة الشرح عند سطحه بعمل شق بطول الشرح بالتوسع يكفي لوضع المادة وهذه التوسعة بواسطة الشاكوش والأزميل أو بواسطة منشار الخرسانة بعرض لا يقل عن ٧،٥ سم حيث إذا كان الشرح أضيق من هذا

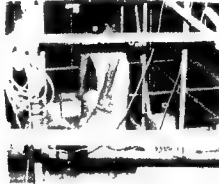
في حالة الشروخ المتسعة والتي لم يكن هناك أي احتمال للحركة مستقبلاً وقبل الشروع في ملء الشرح لابد من عمل شق سطحي عرضي عند الشرح بعرض يتراوح من ٣:٤ سم وبعمل لا يقل عن ٦ سم وبعرض من أسفل لا يقل عن ٦ سم كما في الشكل التالي وهذا النوع من الشروخ لا يصلح فيه المونة الجافة ويملأ بدوياً ، وطريقة الملء هي أن تمنح العجينة بماء قليل حتى تأخذ شكل كورة ثم توضع هذه المونة في الشرح على طبقات لا تزيد عن ١ سم وتضغط جيداً وقبل وضع المونة يجب أن يكون مكان الشرح نظيفاً من التكسير بواسطة الهواء المضغوط أو المياه وعندما تحب توضع روية البوليمرية السابق شرحها لتساعد على الالتصاق بين الخرسانة القديمة والمونة الجديدة ويجب أن يكون محتوى الماء منخفضاً جداً في المونة حيث أن نسبة الماء للمنتج كلما قلت كلما كان الانكماش قليلاً .



فتح الشروخ المتسعة

طريقة الحقن الخاصة باستخدام الراتنجات (١) خلط المركبات : قد يلزم الأمر قلب المركبات قبل خلطها للحصول على تجانس المركبات المخزونة ثم تخلط المركبات خلطاً جيداً قبل الاستخدام مباشرة ومن الأمور الهامة جداً إلى ١٥م أو في حالة الرغبة في ملء الشروخ بمادة أكثر صلابة الالتزام الدقيق بنسب الخلط للراتنجات الإيبوكسية طبقاً من مونة الأمخت فيمكن استخدام طريقة الحقن بالإيبوكسي لتعليمات المنتج .

وتتلخص في التالي :



طريقة خلط مركبات الإيبوكسي جيداً بإمكانية الأغلق

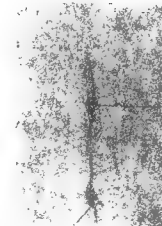
(٢) **تنظيف الشروخ :** وهي عملية صعبة عادة خاصة للشروخ القديمة : وهي تتم عموماً بضغط الهواء لتنظيف الجاف (هواء خالي من الرطوبة والزيوت) .

(٣) **التجهيز لعملية الحقن :** توضع أنابيب الحقن في نهاية الشرخ وفي ثقوب التهوية المجهزة على الشرخ على مسافات الشرخ لتسهيل عملية ملئه .



يتم التحضير حول أنابيب الحقن بمونة إيبوكسية سريعة الشك

← تهوية على

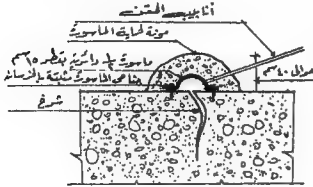


توسع أنابيب الحقن في غطاء الشرخ وفي ثقوب التهوية على مسافات من ٢٠-٣٠ سم



الشرخ في الخرسانة قبل العلاج

طرق الحقن الخاصة باستخدام الراتنجات الإيبوكسية :

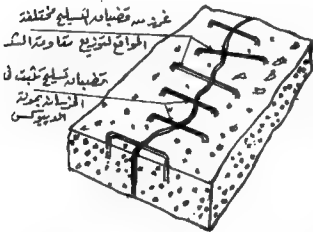


طريقة تثبيت الشروخ
وقف تقدم الشروخ بطريقة الغرز :

Repair of crack by stitching :

المهدف من عمل الغرز لاستعادة مقاومة الشد في شق رئيسي عن طريق وضع تسليح على شكل غرز ويتم بالطريقة الآتية :
(أ) عمل ثقب على جانبي الشق ووضع تسليح على شكل حرف U .

(ب) تم الغرز بخرق ثقب على جانبي الشق ولحام دبابيس التثبيت (قطع معدنية على شكل حرف ب) ولو حالة الأعضاء المعرضة للزعم فينبغذ في الجهة المعرضة لإجهادات الشد .
ومن إيجابياتها زيادة صلابة المنشأ إذا تم تكرارها في عدة مناطق ، ومن سلبياتها احتمال ظهور تشققات في مواطن أخرى ولا تسد الشقوق ولكن تمنعها من الاستمرار في الانساع .



استعادة مقاومة الشد في شق رئيسي بطريقة الغرز

إصلاح الشروخ بالحقن بمونة الأسمنت :

عندما تكون الشروخ أوسع من الشروخ التي تم حقنها باستخدام راتنج الإيبوكسي فهذه الطريقة مثلها تماماً ولكن تكون قطر الأنابيب أوسع ، وللمسافات بين كل أنبوبة وأخرى

(٤) عملية الحقن : يبدأ الحقن من الأنبوبة السفلى ويجب أن يظهر الحقن في ثقب (أنابيب) التهوية المثالية التي يجب سدّها بعد ملئها ويجب ألا يتوقف الحقن حتى يظهر في الأنبوبة العلوية في نهاية الشرخ ويجب ألا يكون الضغط عالياً جداً (حوالي 0.5 MPa) .



تبدأ الحقن من الأنبوبة السفلى ويجب أن يظهر الحقن في ثقب (أنابيب التهوية) المثالية التي يجب سدّها بعد ملئها ويجب ألا تنقل ماكينة الحقن حتى تظهر مادة الحقن في الأنبوبة العلوية وفي نهاية الشرخ ويمكن الانتقال إلى الأنبوبة الوسطى إذا لزم الأمر وخاصة في حالات الشروخ العميقة

(٥) المعدات : من المهم جداً تنظيف المعدات بعد الحقن بعناية كما يجب ألا تستخدم إلا المعدات النظيفة .
(٦) احتياطات الأمن : تجنب وصول المواد الإيبوكسية للجلد والعين أو لبس القفاز والنظارة ويجب أن تكون هناك تهوية كافية .

وقف تقدم الشروخ والحقن بطريقة مثل السابقة :

وتصلح هذه الحالة عندما يكون المطلوب وقف تقدم شرخ عن طريق تثبيته وحقنه بطريقة مماثلة للأنابيب وتلخص في التالي :

وضع نصف ماسورة فوق الشرخ بقطر ١٥ سم ولها جناحان وبهذه الأجنحة خروم بها مسامير لتثبيت الأجنحة على سطح الخرسانة والذي به الشرخ مباشرة وتوضع الماسورة على هيئة قطع وتكون متمركزة على الشرخ ويتم لحام المواسير مع بعضها ، وتثبت الماسورة بالمسامير على سطح الخرسانة .
- قبل البدء في تثبيت الماسورة ينظف الشرخ جيداً بالماء المضغوط ، وبعد تثبيت الماسورة أو قبلها يتم عمل خروم بالماسورة لتثبيت أنابيب الحقن ويستحسن أن تكون الأنابيب من نفس نوع معدن الماسورة .

- يحش على الماسورة بمونة أسمنتية باليد وذلك لمنع تحرك الماسورة أو أنابيب الحقن .

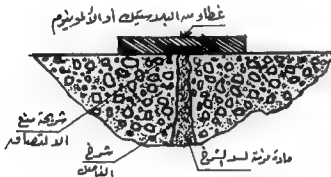
- بعد جفاف المونة بثلاثة أيام على الأقل يبدأ في الحقن تحت ضغط يضمن به لحام الشرخ كله .

والصغير ثم تغمر بالسائل وبعد التبلر يحصل على عضو خرساني جيد .

السد بمونة مرنة : Flexible sealing :

المهدف منها إصلاح الشقوق النشطة active crack الإصلاح بتوسيع الشرح إما باستعمال المنشار الكهربائي وهذا الشرح يجب توسيعه بمقدار يتناسب مع متطلبات العرض والشكل بفاصل بمدد مماثل عند السطح ثم تطبقه بالسفع الرمل sand plast وتيار الهواء أو ماء متدفق jet أو كليهما ثم تملأ المنطقة بمادة مرنة أو مادة مطاطة مشكلة حسب عرض الشق من المطاط المادي أو البيتومين أو المطاط البيتوميني ومن التفاصيل المهمة في الإصلاح بهذه الطريقة هو أن توضع مادة أخرى bond breaker تمنع الترابط بين مادة الإصلاح والخرسانة عند السطح كما في الشكل التالي :

ويمكن بعد توسيع الشرح وقبل ملفه يجب وضع شريحة لمنع الالتصاق في قاع الشق وعائلة هذه الشريحة هو السماح للمادة المطاطة بتغير شكلها عند اتساع الشرح بدون حدوث تركيز في الإجهادات عند القاع :



إصبع الشرح بمادة مرنة عازلة للسطح :

التغطية بمادة مطاطية :

عند توقع حركة مستقبلية ملموسة في الشرح فلا بد من توسيع الشرح سطحياً لكي تكون مادة ملء الشرح المطاطة أوسع بكثير من الشرح نفسه لتقليل الانفعال الذي سيحدث بها إلى أقل حد ممكن أما عن طريقة التواء فتبع ما كتب سابقاً عن طريق التشرب والتنظيف وغلافه .

قطعة نيروبيه



بمسافة من ٤٠٠ إلى ٦٠٠ مم ومادة الحقن تكون من الأسمنت والماء فقط أو من الأسمنت والرمل ويجب أن تكون نسبة الماء للأسمنت أقل ما يمكن لزيادة الإجهاد وتقليل الانكماش مع إضافة إحدى مواد الإضافة السابق شرحها لتحسين الشك workability وذلك لتقليل نسبة الماء ويمكن في الأعمال الصغيرة استخدام مسدس الحقن اليدوي ويجب التأكد من تغلغل المونة المخونة حتى آخر الشرح .

إصلاح الشروخ بالحقن بالمواد الكيماوية :

chemical grouting :

تصلح هذه الحالة في الشروخ الوسط بين الضيقة التي حقت بمادة الإيوكسي وبين التي حقت بالمونة الأسمنتية ومن مميزات مادة الحقن بالمواد الكيماوية أنها تصلح في الأجواء الرطبة ، ومادة الحقن عبارة عن محاليل مكونة من مركبين كيميائيين أو أكثر تتكون من تفاعلها مادة هلامية Gel أو رواسب precipitate أو رغوة foam ومن إيجابيات هذا الحقن الآتي :

أ) يمكن استعماله في الأجواء الرطبة .
ب) له مدى زمن واسع للتحكم في تصدق المادة الهلامية هذا بالإضافة أنه يستعمل في إصلاح الشقوق ذات عرض صغير يصل إلى ٠,٥ مم .

ومن سلبياته الآتي :

أ) ليس له مقاومة .

ب) يحتاج إلى مهارة عالية في التشغيل وأنها تتطلب عدم حدوث جفاف شديد أثناء استعمال المبنى .

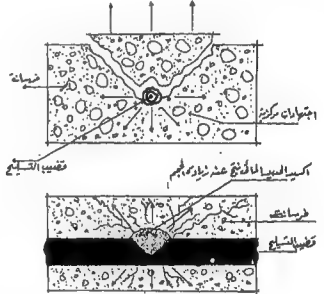
طريقة الحقن بالبوليمرات أو التشرب : Polymer :

مواد البوليمرات السائلة أحادية الجزيئات monomer systems يستعمل في ملء الشروخ وعلى درجة عالية من السهولة ولتشرب خلال الخرسانة الجافة فتشربها الخرسانة كما يفعل الماء تماماً وهذه المادة تحتوي على مادة بادئة بالإضافة إلى المادة الأحادية الأساسية Basic monomer كما يمكن أن تحتوي أيضاً على مادة رابطة cross-linking agent وعندما يتم تسخين هذه السوائل الأحادية تتحد معاً مكونة مادة بلاستيكية متينة أو تؤدي إلى تحسين عدد من خواص الخرسانة .

وطريقة التنفيذ: يجب أن يجفف سطح الخرسانة ثم يغمر بالسائل الأحادي وعندما تملأ الشروخ يترك للبلمرة polymerize وقد استعملت هذه الطريقة في إصلاح الكمرات المشرقة حيث تم تجفيف الشروخ وتغليفها بألواح معدنية غير منفذة للماء ولا تتفاعل مع السائل المستخدم وتم إغراق الشروخ بالسائل وترك للبلمرة فساد الكمرة كما كانت واستعملت أيضاً في الإصلاحات الكبيرة وفي المناطق المكسورة حيث تملأ الفجوة بالركام الكبير

تأكسد حديد التسليح :

تأكسد حديد التسليح (الصدأ) هو العملية التي يرجع فيها الحديد إلى حالته الأساسية كخام مؤكسد وتؤدي الفلزية العالية للخرسانة المحيطة بحديد التسليح إلى تكوين طبقة موجهة من أكسيد الحديد تقوم بحماية الحديد من الصدأ وعلى الجانب الآخر فعندما يكثر تواجد الألاح في الخرسانة فإن أيونات ملح حامض الكلوريدريك تبدأ مهاجمة طبقة الحماية وإضعافها حتى يصبح حديد التسليح معرضاً لعملية صدأ مباشر ، وهناك عوامل مهمة لاستنزاية عملية التآكسد (الصدأ) وهى الرطوبة والأكسجين ويمكن لها الوصول للحديد من خلال غطاء الخرسانة concrete cover وبالتالي استمرارية تدعيم عملية التآكسد التي تعتمد على كمية وسرعة تواجد الرطوبة والأكسجين حول حديد التسليح .



شروخ وعرضها نتيجة صدأ التسليح

خطوات إصلاح حديد التسليح :

إذا كان الصدأ قد تسبب في نقص مساحة الحديد بأكثر من ٢٥٪ فيجب زيادة حديد التسليح في القطاع ، وفي هذه الحالة يجب صلب العضو المراد زيادة الحديد له ويتم الخطوات التالية :

- إزالة جميع الأجزاء المتكسكة والزوايا الحادة والتنوعات الظاهرة والخرسانة الضعيفة حتى الوصول إلى سطح نظيف .
- إزالة حديد التسليح المتضرر وإضافة حديد جديد ، وفي حالة تكشف أكثر من نصف محيط حديد التسليح يفضل إزالة الخرسانة دائرياً حول محيط الحديد .
- تنظيف المناطق المتضررة بالهواء أو بالرمل المضغوط لإزالة جميع الأجزاء الضعيفة .

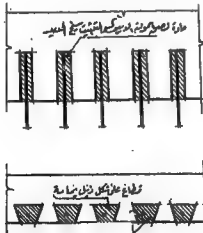
(د) الطريقة المعتادة في إضافة التسليح هو وصل الأجزاء المتآكلة من الأسياخ بأسياخ إضافية لاستعادة مساحة التسليح كما كانت ، ويجب أن يكون وصل الرباط لا يقل عن ٦٠ مرة قطر السيخ في حالات الشد ، ٤٠ مرة قطر السيخ في حالات الضغط .

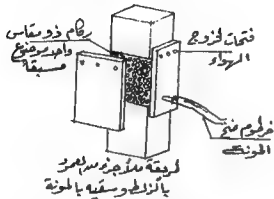
(هـ) في بعض الحالات يفضل ربط الحديد الإضافي بحفر ثقوب في الخرسانة ولحام الحديد الإضافي بداخلها باستعمال الإيوكسى .

(و) يمكن إضافة الحديد الإضافي عن طريق كانتات على هيئة قطعتين منفصلتين يتم لحامهما أو وصلهما معاً بعد تثبيت كلا منهما ، ومن الصعوبة عمل كائنة بسيخ واحد .

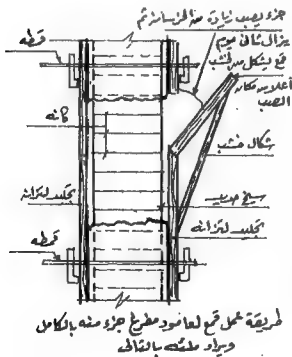


(ز) يمكن إضافة حديد تسليح إذا أسكن قطع الخرسانة وحمل شق على هيئة ذيل حمامة ، مثل ذيل الحمامة المستعمل في تركيب حلوق النجارة ، ثم ينظف مكان التكرير ويوضع الحديد ، ثم تصب عليه مونة إيبوكسية ، وفي جميع الحالات يستحسن عدم استخدام صلب التسليح الغير قابل للصدأ أو الحديد المجلفن في نفس القطاعات المستخدم فيها حديد عادى ، لأنه باتصالهما يمكن أن تزيد من معدل الصدأ في أماكن القطب السالب المتفجرة بسبب تأثير الجلفنة .

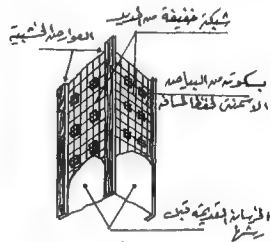




٩ (تفرغ جزء من عمود وإعادة صبه :
تعمل شدة خشبية ويعمل له قمع من أعلا بحيث يصب
الجزء المفرغ ويزاد جزء أعلا من الصب من الخرسانة ثم يزال
ثاني يوم كما في الرسم التالي .



٧ (شبكة التسليح : وتستعمل شبكة التسليح عند رش الأسطح بالخرسانة ، ومن ميزة هذه الشبكة أن تكون خفيفة لمقاومة الانكماش ، وتثبت على الأسطح المراد رشها وسلك الغطاء الخرساني فوق هذه الشبكة يتراوح من ٥:٢ سم ، ويمكن تخفيض الغطاء إلى ٥ سم إلى واحد سم أو كان المراد إضافة حديد إضافي لهذه الشبكة فيجب تحاشي رص الحديد بكثافة مما يؤدي إلى عدم وصول خرسانة الرش إلى سطح الخرسانة الذي ستلتصق معه أو عدم تغليفها لكل الأسياخ الحديد . وللحصول على سلك ثابت لطبقة الرش عند رش الأعمدة والكمرات يمكن استعمال عوارض خشبية مثبتة عند أركان العضو .



شكل يبين طريقة عمل شبكة خفيفة سم ١ سم لمقاومة الانكماش ورشها بالخرسانة

٨ (الحقن على الركام موضوع مسبقاً :

وتستعمل هذه الطريقة في إحدى الحالتين التاليتين :
١ (الإصلاحات تحت الماء ويتم هذا بعد إزالة الجزء المعيب ثم عمل شدة وملئها بالركام تحت الماء ويتم الحقن بالمونة حيث تحمل المونة على الماء الموجود داخل الشدة .

٢ (استبدال جزء بالكامل من عمود خرسانة حيث يمكن وضع الركام مسبقاً حيث يملأ الفراغ الناشئ عن قطع وإزالة الخرسانة وهذه الطريقة تتم بحيث تكون أجناب الشدة من أسفل صماء وتكون خمرمة من أعلا جزء بحيث يمكن حقن المونة من أسفل تحت ضغط ، وتتسرب المونة داخل الزلط المتساوي في الأحجام تقريباً حتى تظهر المونة من الخروم العلوية للشدة ، وبهذا نضمن أن المونة غلقت الزلط بالكامل .

طرق ترسيم وتقوية العناصر الإنشائية المختلفة

الباب السادس

في بعض الأحيان تكون العناصر الإنشائية بها أضرار إما بعضها أو كلها مجمعة وهذه العناصر هي :

- أولاً : البلاطات
ثانياً : الكمرات
ثالثاً : الأعمدة
رابعاً : الأساسات

ويتم هذا الترتيب حسب أولويات التصميم حيث تبدأ بتصميم البلاطات ثم الكمرات ثم الأعمدة ثم الأساسات وسنبداً بشرح كل بند حسب هذا التسلسل .

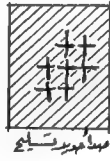
الفصل الأول

تدعيم البلاطات

- ١ (إضافة طبقة خرسانية أعلى البلاطة .
- ٢ (إضافة طبقة خرسانية أسفل البلاطة .
- ٣ (إضافة كمرات حديدية I.L.U أو كمرات خرسانية .
- ٤ (إضافة تسليح شد .
- ٥ (إضافة حائط حامل .
- ٦ (تقوية البلاطات الكابولية .
- ٧ (تقوية البلاطة في القوس باستخدام ألواح الصلب ومسامير رأسية وسندرس كلاً منها على حدة والرسم التالى يبين جميع أنواع عيوب البلاطات .

أشكال شائعة لعيوب البلاطات

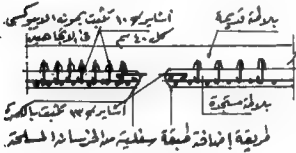
شكل يبين جميع أنواع عيوب البلاطات



تقريباً من محور التعادل حيث يقل تأثيره مع صعوبة صب هذه الطبقة وتنفذ هذه الطبقة بالطريقة الآتية :

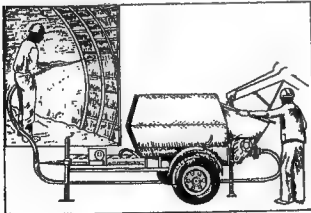
(أ) يزال الغطاء الخرساني وينظف حديد التسليح من الصدأ بواسطة فرشاة من السلك ، ويتم دهان سطح الحديد بمادة مانعة للصدأ .

(ب) توضع شبكة التسليح الجديدة وتشبك جيداً بأشبار رأسية تربط مع السقف القديم مع ملء الخروم بمونة الإيوكسي ويتم دهان السطح بمادة تعمل على تماسك الخرسانة الجديدة والقديمة مع مراعاة عمل أشبار أفقية مع الكمرات كي يصبح الحمل الجديد موزعاً على الكمرات والبلاطات القديمة .



(ج) تدفن الخرسانة بمادة إيوكسية لاصقة لاجمة للخرسانة القديمة بالخرسانة الجديدة ثم تتم طرشة الخرسانة بروبة التجزئ بوند قبل تمام جفاف المادة اللاصقة .

(د) يتم تغطية شبكة الحديد الجديدة بالتليس على عدة أيام مثل تغطية الشبك الممدد الخاص بأعمال البياض وهذه طريقة غير صالحة ، ولكن يجب استعمال طريقة الرش بالمدفع الخرساني على طبقات رقيقة وبذلك يمكن الحصول على تماسك تام بين الطبقة الجديدة والخرسانة القديمة مع مراعاة تخشين السطح القديم علماً بأن المدفع الخرساني هو عبارة عن خران توضع به مواد الخرسانة من الزلط القوي مع الإضافات اللازمة وتوضع ظلمية خاصة مركب عليها خرطوم فينفخ الخرسانة جهة السقف وهذه الطريقة من أكفأ الطرق .



مدفع الخرسانة 'Shotcrete or cement gun'

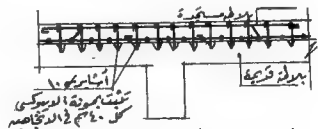
١ - إضافة طبقة خرسانية أعلا البلاطة :

هذا الحل عندما يكون الزعم الموجب غير آمن أو عندما يكون الحمل الميت $dead\ load$ الذي سيتم زيادته بإضافة الطبقة الجديدة ، تكون قيمته أصغر كثيراً من الأحمال الحية المحملة على البلاطة $live\ load$ ومن ميزة هذا الحل أنه سهل جداً لعملية الصب والدمك ومقاومة الزعم السالبة المرتفعة ومن عيوبه هو إزالة الأرضيات فوق السقف المراد إصلاحه ويتطلب هذا الحل ربط الخرسانة القديمة بالخرسانة الجديدة لأن الطبقة الجديدة ستشكل حملاً جديداً على السقف المتصدع وعدم توفير الحماية المطلوبة لصب التسليح القديم وعدم القدرة على استبدال الحديد المعيب ويتم التنفيذ كالآتي :

(أ) يتم إعداد السطح وزنته وتنظيفه جيداً .

(ب) إذا كان هذا السقف سيتحمل أحمال إضافية لبناء حوائط مثلاً فتشكل كمرات مدفونة بحيث لا يزيد ارتفاعها عن ١٥ سم وتربط هذه الكانات مع الحديد العلوي للكمرات القديمة ويصب السقف بسمك ٨ سم والزيادة في الكمرات وهو ٧ سم يكون ضمن ارتفاع ردم البلاط هذا في حالة إذا كانت هناك أحمال مستجدة وبهذا تظل الكمرات السفلية والبلاطات السفلية نظيفة من أي تكسير ويجب الربط بين الخرسانة القديمة والحديثة بمادة لاصقة توضع قبل الصب هذا بخلاف زيادة سطح التماسك بمسامير قص ($shear\ connectors$) إما بالدفع أو باستخدام مسدس خاص بذلك أو بعمل ثقوب ثمل بمادة لاجمة وبها أشبار تربط مع شبكة البلاطة المستجدة بهذا يصبح السقف القديم والجديد يعملان كوحدة واحدة .

(ج) في حالة ما إذا كان السقف لا يتحمل أحمال إضافية توضع شبكة تسليح خفيفة وهو الحد الأدنى اللازم للالتكماش مع الربط مع السقف القديم بأحد الطرق المذكورة سابقاً ثم يتم صب الخرسانة مع الدمك جيداً .



٢. إضافة طبقة خرسانية أسفل البلاطة :

من مميزات هذه الطريقة أنها تتم بعدم ضرورة إخلاء الدور العلوي وتوفير الحماية المطلوبة لأسياخ التسليح ومن عيوبها أن الحديد الأصلي لن يكون في ناحية الشد وإنما يصبح في الوسط

المسببة للشروخ وجعل طبقة البلاطة المعرضة لإجهادات ضغط بدل إجهاد الشد وبذلك يمكن وقف هذه الشروخ عن طريق إزالة هذه الإجهادات .

وقوى الضغط المطلوبة يمكن أن تتم بطريقة *strengthening slab by poststressed reinforcement* والذي ينشأ عن طريق شد القضبان وأسباب التسليح ولكن المشكلة في تثبيت هذه القضبان وتثبيتها ، لأن التثبيت يجب أن يكون في جزء جاسيء ويتم ذلك بالتثبيت في البلاطة نفسها أو بعمل ثقوب ، والتثبيت في الكمرات المحيطة كما يجب الاضغاط من عدم انتشار الشروخ نتيجة تضرر الإجهادات في البلاطة وفي كلتا الحالتين يجب حساب الإجهادات التي ستولد في البلاطة نتيجة قوى الضغط وقوى التثبيت وهناك طريقة أخرى ، وهي ربط قضيب مسبق الإجهاد بين الكمرات التي تحمل البلاطة المشروعة .



٥) عمل حائط تحت البلاطة :

بم ذلك لتفليل البحر حيث يعود تقسيم البلاطة إلى عدة بلاطات ولا يكون هذا الحائط مؤثراً إلا إذا تم رفع البلاطة هيدروليكياً ثم يتم بناء الحائط بحيث يوفر الركيزة المطلوبة للبلاطة مع التشحيط بين البلاطة والحائط مع وضع تسليح علوي في البلاطة في الجزء الذي أضيف فيه الحائط لمقاومة عزوم الانحناء التي ستولد .

٦) تقوية البلاطات الكابولية :

وبم هذه التقوية بإحدى الطرق الآتية :

أولاً : بلكونة محملة على كوابيل وكمرات مقلوبة (هذا المثال تم فعلاً) .

ظروف هذه البلكونة كانت بالدور الخامس بمدينة نصر وبعد هذا الدور آخر الأدوار وحصل ثائق أيام الصب والشدة موجودة قام مقاول البلاط بتشيون طبقة رمل وتوضع تحت البلاط لا يقل على البلكونة عن ٥٠ سم لتخليق ميول البلاط لصرف مياه المطر وبعد خمسة أيام فقط قاموا بفتح الشدة الخشبية وكان ذلك في سنة ١٩٧٥ وفي سنة ١٩٨٥ أgrad المالك تلبية دورين فوق الخمسة أدوار السابقة وكانت الخمسة أدوار كلها مشغولة

هـ) في حالة ما إذا تم عمل شدة تحت السقف بعد وضع الحديد فيم عمل خروم في السقف وتصب الخرسانة من خروم السقف ويجب أن تكون الخرسانة ذات سيولة عالية بحيث يعمل المراز بالخرسانة من هذه الخروم بالإضافة إلى استعمال مراز شدة من الخارج ويجب التأكد من ملء الخرسانة لكل الفراغ .

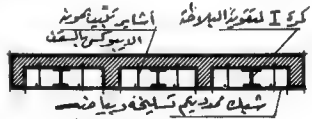
٣) إضافة كمرات حديدية تحت البلاطة :

الهدف من وضع كمرات حديدية أسفل البلاطة هو تقليل البحر وتحويل البلاطة القديمة *two way slab* إلى *one way slab* ويمكن أيضاً في حالة علاج أى صند بالحديد وعلاج أى شروخ أو تشققات ويتم التنفيذ كالآتي :

أ) يتم عمل فصالات في الكمرات الخرسانية في البحر الصغير ولا يتم ذلك إلا بعد صلب هذه الكمرات ثم يتم تنظيف هذه الفصالات مع إزالة جميع المواد المتبقية وفتات الخرسانة بمذفع الرمل أو الهواء المضغوط وبشرط أن تكون الفتحة أعلا حديد الشد بالكمرة المراد تكسيوها .

ب) يتم عمل شق طولي بمنشار الخرسانة في البلاطة حتى تصبح البلاطة مرتكزة ارتكازاً بسيطاً وليس مستمرة على الكمرة الحديدية .

ج) يتم تجهيز الكمرة المطلوبة بـ *U* أو *I* حسب الحالة ويتم دهانها بدهان مانع للصدأ أو الدهانات الأيوكسية ثم يتم تثبيت الكمرة بمونة أسيمنتية بولمرية أو بمونة إيوكسية ويجب أن تكون ملاصقة تماماً لسطح البلاطة السفلى وبفضل لحامها بالمونة الأيوكسية لزيادة قوة الالتصاق بين البلاطة والكمرة الجديدة وقد يستدعي الأمر لحام خصوص حديد عمودية على الكمرات الحديدية .



شكل يبين تقوية البهوطة بالإضافة كمرات حديدية

د) نظراً لأن هذه الكمرات تشوه منظر الحجرية فيجب تغطيتها بشبك عمود ويتم زرع أشبار في خروم السقف بمادة الأيوكسي ويعلق الشبك للمدد بالطريقة العادية ثم يتم تسليخه ويرجع إلى باب أعمال البياض بالموسوعة الهندسية .

٤) إضافة تسليح الشد : *post tensioning* :

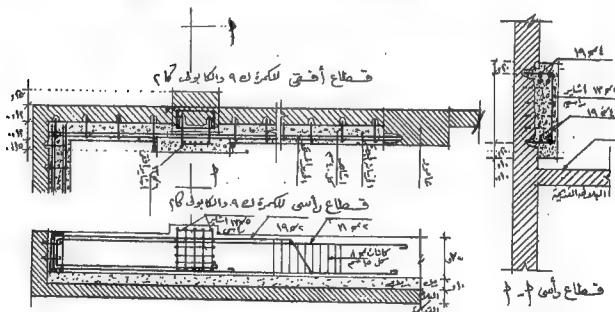
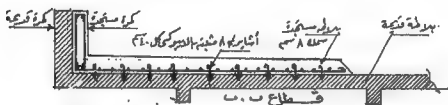
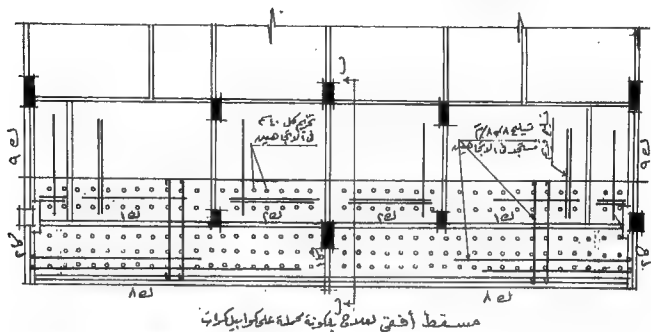
تظهر شروخ الانحناء في البلاطة نتيجة إجهاد الشد ويمكن غلق الشروخ بالإضافة قوى ضغط كافية للتغلب على قوى الشد

ج) تم عمل شبكة من التسليح للبلاطة وامتدادها بمقدار ١,٥ م داخل الحجرة المجاورة بتسليح $\phi 5$ ٨ في الاتجاهين ثم تم تجليد جميع الكمرات المقلوبة وعند الصب بدأ بمحاولي مترين من الكمرة مع وضع مادة الجنرال بوند على الكمرة القديمة مع ثنى الألياف المزروعة ليتم التماسك بين الكمرة القديمة والجديدة وبعد الانتهاء من المترين تم تنظيف البلاطة بطريقة الهواء المضغوط وثنى حديد الألياف على الشبكة الجديدة ووضع مادة الجنرال بوند وتم صب البلاطة بسمك ٧ سم أمام المترين ثم توالى الصب مترين للكمرات والبلاطة وهكذا مع إضافة مادة لتعمل على تقليل الماء ومهولة التشغيل ينطبق عليها مواصفات A.S.T.M-C-494 type A.

د) من المعروف أن البلاطة القديمة حملت على البلاطة الجديدة والذي يحمل كل هذا الحمل الكمرات والكوابيل لأن أرضية البلكونة مصممة في الأصل على أنها بلاطة one way slab وليست cantiver slab.

بالسكان وعند نزع بلاط السطوح السابق والطبقة العازلة للرطوبة وطبقة خرسانة الليول المكونة من كسر طوب أحمر وجير وأصمت ورمل ظهر شروخ في البلاطة من أعلا وترخيم في الكوابيل المقلوبة وبالتالي في الكمرات المضمولة على كوابيل الموضحة وكان لابد من الترميم لهذه الشروخ وعيئة البلكونة لتتحمل حملاً حياً دون أن يشعر السكان بهذه الترميمات وبعد دراسة عدة حلول اقترح الحل الآتي :

أ) تقسيم الأرضية والكمرات المقلوبة إلى مربعات 4.0×4.0 سم بعمل ثقوب في البلاطة القديمة بعمق ٥ سم وفي الكمرات بعمق ١٠ سم وتم زرع ألياف بقطر ٨ مم في هذه الحجوم تثبت بمونة الإيبوكسي بالإضافة إلى ١,٥ م بطول البلكونة من الحجرات المجاورة وذلك كاستناد لأسياخ البلكونة وتم تقوية جميع الكمرات القديمة والبلاطة بإضافة كمرات وبلاطة جديدة .
ب) تم تسليح جميع الكمرات $\phi 4$ ١٩ والكوابيل ثم حملت الكمرات ك ٩ والكابولي ٢٥ على الأعمدة وربطت بالكمرات القديمة وارتفعت عن أرضية البلكونة حوالي ١٠ سم لأنها لو حملت على الأرضية فستؤثر على الكمرات ك ١ .



ثانياً : بلوكية وتعمل كبلاطة كابولي : cantilver slab :
 أ) يتم صلب البلوكية من أسفل صلباً جيداً إما بالحقوق الحديدية.
 ب) يتم عمل خروم ٤٠×٤٠ سم بعمق ٥ سم وتزرع بها أسيار بقطر ٨ مم وتثبت بالإيبوكسي وتفرط طبقة الخرسانة العلوية للبلوكية.
 ج) يتم وضع أسيار علوية على البلاطة مباشرة وتعمل كحديد علوي وتحسب قيمة هذا الحديد ، بشرط أن هذا الحديد يتعد ١,٥ مرة قدر الكابولي بنفس الطريقة السابقة تنفي الأسيار على شبكة التسليح وتصب الخرسانة بنفس الطريقة السابقة مع إضافة المادة التي تنطبق عليها مواصفات A.S.T.M-C-494 type A لتعمل على تقليل الماء وسهولة التشغيل workability.

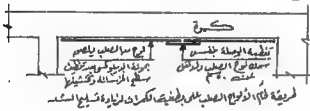
الألواح الحديدية في الأسطح الخرسانية باستعمال مسامير فيشر . ويجب أن تفوق قوة التصاق الألواح بالخرسانة مقاومة الخرسانة للقص ويستحسن استعمال مسامير صلب بقلواط كل مسافة في حالة التثبيت بمواد اللصق تحسباً من خطر الحريق حيث من المعروف أن مادة اللصق عند درجة حرارة ٥٦٢ تصبح عديمة الجدوى .

(٣) ويمكن تثبيت كمثرات حديدية على شكل حرف [في قاع الكمرة ولصقها بالإيبوكسي بعد تنظيف السطح جيداً وتثبيتها بالمسامير القلاووظ كما الشكل التالي .



طريقة وضع كمرات حديدية بـ [في قاع التسلية السفلي

(٤) يمكن تقوية الكمثرات في منطقة الشد بواسطة ألواح الصلب فقط بدون مسامير فيشر بشرط النظافة الجيدة قبل لصق ألواح الصلب كما في الشكل التالي .

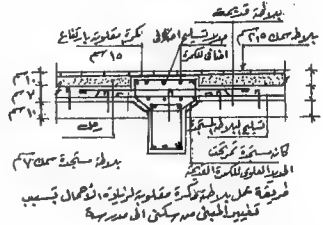
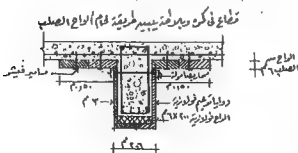


(٦) تقوية الكمثرات مع البلاطة بواسطة الشرائح الحديدية :

في حالة وجود شروخ بالكمرة والبلاطة فيتم الآتي :
(١) ينظف السطح جيداً بالصنفرة وتنظف الشروخ بالماء المضغوط .

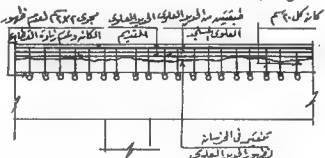
(٢) يدهن سطح البلاطة والكمرة بمادة الإيبوكسي الملم الشروخ لمنع وصول الرطوبة إلى حديد التسليح مع طلاء الألواح المستخدمة في التدعيم بمادة مقاومة للصدأ مع ربط زوايا التدعيم بمسامير قلاووظ

(٣) يتم التنفيذ كما في الرسم التالي .



و في جميع الحالات عمل عدة ترويات في الخرسانة القديمة وتكون هذه الترويات كافية لربط الخرسانة القديمة مع الجديدة مع دهان سطح الخرسانة القديمة بمادة تماسك قوى كالإيبوكسي مثلاً .

في حالة وضع أسياخ علوية مع عمل ترويات بالخرسانة وعمل خروم في البلاطة والكمرة كل ٢٥ سم مع عمل مجرى لوضع الكانة الجديدة ثم تبويض الكانة التي بالمجرى بمونة أسيمنية كما في الشكل التالي .



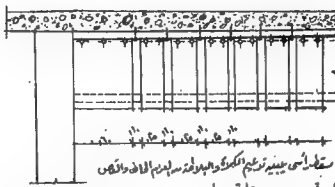
طريقة (مضافة) لصق الكمرات مع عمل مجرى ٢٥ سم للكانة

(٥) تقوية الكمثرات بعمل شرائح حديدية أو كمثرات مجرى :

عندما يكون المطلوب زيادة مقاومة القص shear strength وذلك عند قلة عدد الكانات أو ضعف قلة التكميش فإنه يتم تصميم أبعاد وتجاننات من الألواح الحديدية المطلوبة لهذا الغرض وتصلح هذه الطريقة أيضاً عندما يكون هناك شروخ بالكمرة وهذه التقوية تصلح في حالة عدم وجود صدأ في الحديد الأصلي وفيها يتم تثبيت ألواح الصلب على السطح الخرساني السفلي سواء بمسامير أو بطريقة اللصق وذلك بالطريقة الآتية :

(١) يتم تنظيف وصنفرة السطح الخرساني في منطقة الشد أي بطن الكمرة .

(٢) يتم دهان الأسطح الخرسانية قبل تثبيت الشرائح الجديدة بمادة إيبوكسية لاصقة وتوضع طبقة بسمك حوالي ٥ مم من المونة الإيبوكسية ومن المعروف أنه كلما قل سمك الشرائح وزاد عرضه وصغر طبقة اللصق كلما كان ذلك أجدى ، ثم يتم تثبيت



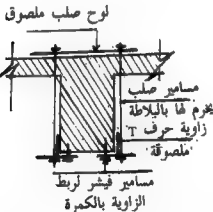
٨ (زيادة تسليح القص :

يمكن زيادة مقاومة القص والى بإحدى الطرق الآتية :
 أ) باستعمال اللحام أو عن طريق بلوكات التثبيت من الحديد أو الخرسانة ، وهى وضع بلوكات التثبيت أعلى وأسفل الكمرات فى منطقة القص ، وترتبط بلوكات التثبيت بمسامير من الصلب عالية المقاومة أو لصق ألواح من الصلب أعلا وأسفل الكمرات وربطها بكانات خارجية سابقة الإجهاد كما فى الشكلين التاليين .



طريقة مختلفة لزيادة تسليح القص عن طريق كانات
 خارجية وبلوكات تثبيت

ب) باستعمال ألواح علوية وزوايا سفلية حرف T ، ويتم تخريم البلاطة وربط الألواح العلوية أعلا البلاطة والزوايا أسفل الكمرات بمسامير من الصلب عالية المقاومة وربط الزوايا بمسامير فيشر بالكمرات كما فى الشكل التالى .



شكل يبين ربط البلاطة والكمرات بلوح الصلب والزوايا

٧ (تقوية الكمرات بعمل قميص من علبه صاج :

يتم تقوية الكمرات بعمل قميص من علبه صاج فى حالة ما إذا كانت الكمرات بعرض ١٢ سم وأن التخريم فى الكمرات كل ٢٥ سم أسفل البلاطة سيستبب هذا التخريم فى ضعف الكمرات فلا مانع من عمل قميص من الصاج سمك ٣ سم ، وتم الخطوات كالتالى :

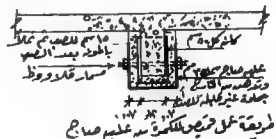
١) يتم نزع الغطاء الخرساني وينظف جيداً بأى طريقة من الطرق السابقة ثم يتم عمل خروم فى الكمرات كل ٥٠ سم على الأقل تحت البلاطة ليتم عمل كانات لتساعد على الصاج على تحمل الخرسانة ، وذلك بعد صلب البلاطة المجاورة للعضو المراد تقويته .

٢) يخرم فى الأعمدة وتوضع أسياخ ١٦ مم فى وضع أفقى وترتبط مع أسياخ التسليح الزيادة المراد تدعيم الكمرات بها ودهان الحديد بمادة مانعة للصدأ وتثبيت جميع الكانات والمسامير بمونة الإيبوكسى .

٣) يخرم فى منتصف الكمرات مع تنفيذ نفس الخروم فى العلبه الصاج لربط العلبه الصاج مع الكمرات بمسامير قلاووظ ١٦ مم كل متر .

٤) تتركب العلبه الصاج وتزيد أبعادها عن أبعاد الكمرات بمقدار ١٠ سم من كل جانب مع ترك من ١٥ إلى ٢٠ سم من أعلى لصب الخرسانة ثم تربط للمسامير القلاووظ الأفقية فى الخرسانة والعلبة كما فى الشكل التالى .

يتم تجهيز الخرسانة بزلط فولى مع إضافة مادة زيادة السيولة وزيادة الانضغاط ويتم الصب من أعلا مع الدمك جيداً .



ب) ويمكن زيادة عمق الكمرات بوضع I أسفل الكمرات وربطها بمسامير قلاووظ تثبت في الخرسانة كما في الشكل التالي .



ويجب التشحيط جيداً على الكمرات الجديدة لتلتصق في الكمرات الخرسانية القديمة ، لأنه من المعروف أن هذه الأحوال في هذه الحالة متقلبة وعملة على الكمرات الخرسانية والجديدة معاً .

١٠ استخدام الشد الخارجي :

نظرية الشد الخارجي سبق وتكلمنا عنها في تدعيم البلاطات تحت بند - ٤ (إضافة تسليح شد tensioning والنظرية واحدة وباختصار شديد أن استخدام الشد اللاصق يؤدي إلى استحداث قوى ضغط تعمل على تقليل إجهادات الانحناء في الكمرات ، ويترتب على ذلك زيادة قدرة الكمرات على تحمل الأحمال ، وكذلك زيادة قدرة الكمرات على تقليل الترخيم ، وهناك نظامان :

أ) في حالة عدم وجود مساحة كافية يمكن استعمال قطاعات خاصة من الصلب معدة لفرض التثبيت ، وتجري حماية كابلات الشد اللاصق من الحريق والصدأ بإحدى الطرق السابق شرحها .

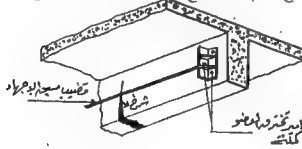
وهذا الحل له سلبياته وهي كما في الشكل التالي :

- حل غير مضمون في حالة التثبيت غير الجيد بنهايات التسليح المسبق-الإجهاد .

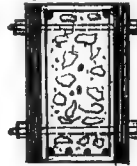
- إمكانية انتقال الشقوق إلى مكان آخر إذا لم يتم دراسة أثر الحل على المنشأ بحذر وعناية .

- عدم انتظام وتناقص أثر قوة الضغط على المقطع بكامله يؤثر على توزيع الإجهادات .

ب) في حالة وجود مساحة متاحة لتثبيت نهاية الكابلات يتبع النظام للتناقص مع الكمرات الأصلية كما في الشكل التالي :



ج) باستخدام ألواح من الصلب على جانبي الكمرات ويتم لصقها وربطها بمسامير قلاووظ كما الشكل التالي .



شكل يبين طريقة لصق شرائح حديدية ومثبتة بمسامير قلاووظ على جانبي الكمرات

د) باستخدام قطاعات من الصلب ويتم بتخريم في البلاطة رأسياً ، وفي الكمرات أفقياً ، ويكون قطاع الصلب غرم بنفس الطريقة .

هـ) لإصلاح شقوق القص في جسور الطرق ونحوها يتبع الآتي :

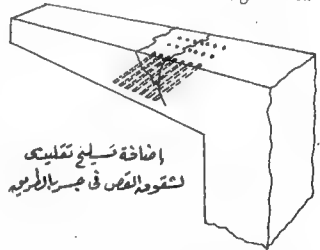
١ - شد الشق بمادة مرنة Flexible sealant .

٢ - عمل ثقوب عمودية تقريباً على اتجاه الشق بقطر حوالي

٢٠ سم .

٣ - يوضع أسياخ في الثقوب بقطر ١٢ ، ١٦ مم ويمتد لمسافة لا تقل عن ٤٥ سم كما بالشكل التالي .

٤ - يضغط بعد ذلك مادة الإيبوكسي داخل الثقوب تحت ضغط منخفض .



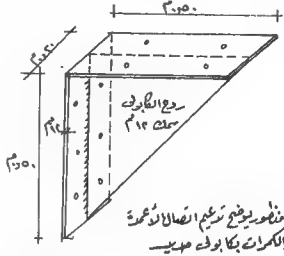
إضافة تسليح تقوية القص في جسر الترميم

٩) تقوية الكمرات الخرسانية بإضافة كمرات حديدية أو لزيادة عمقها .

أ) من أسرع الطرق وأكثرها حيث يتم تثبيت كمرات حديدية حرف U أو U أسفل بقطاع مناسب لبحر الكمرات ويتم عمل فتحات في الأعمدة وتثبيت هذه الكمرات بالموونة الإيبوكسية أو بالموونة البوليمرية وفي هذه الحالة يجب أن يتم التثبيت الجيد بين الكمرات الحديدية والخرسانية ، وذلك بالموونة الإيبوكسية لضمان الالتصاق الجيد .

(١١) تخفيض بحر الكمرية :

- (١) يمكن تخفيض بحر الكمرية بزيادة العمود من الجهتين .
 (٢) عمل كوابيل الحديد من صلب سمك ١٢ مم وله wep ويكون بعرض الكمرية والجانبين بطول ٥٠ سم ، وفي هذه الحالة سينقل الحمل إلى العمود رأساً .



- (٣) عمل كوابيل من الخرسانة المسلحة وذلك بعد صلب الكمرية جيداً وتثبيت أسياخ الكابول جيداً مع العمود ومع الكمرية .

الفصل الثالث

تقوية الأعمدة

ترميم وتقوية الأعمدة الخرسانية :

يتم الترميم والتقوية للأعمدة في الحالات الآتية :

- (١) وجود شروخ بالعمود نتيجة انتفاخ الخرسانة أو تفاعل الركام الذي يحوى على سيليكات مائية مع أنواع الأسمنت التي تحوى على نسبة عالية من القلويات ليكون مركبات سليسية تصمد لتشكيل ضغط داخل في الخرسانة تؤدي إلى تصدعها .
 (٢) وجود صدأ في حديد التسليح وتطويل في الغطاء الخرساني .
 (٣) قطاع غير كاف لتحمل الأحمال الواقعة عليه وكذا قدرة تحمل الخرسانة غير مطابقة للقيمة التصميمية .
 (٤) الرغبة في الاعتداد الرأسى للمنشأ .
 (٥) وجود ميل في العمود أو هبوط في الأساسات أو وجود تشعشيش مؤثر في خرسانة العمود وسنشرح بعض الحالات التي يتم بها تقوية الأعمدة الخرسانية وترميمها وتتلخص في الآتي :

(١) استبدال الجزء التالف من الغطاء الخرساني وترميمه :

في حالة وجود تشعشيش أو تطويل في الغطاء الخرساني وانفصاله كنتيجة صدأ الحديد بدرجة غير مؤثرة حيث لا يكون هناك حاجة ماسة لزيادة الأبعاد الخرسانية للعمود أو زيادة حديد التسليح فتتبع الخطوات التالية :

(أ) يزال الغطاء الخرساني للعمود ويتم تنظيف حديد التسليح جيداً باستعمال فرشاة السلك العادية أو المركبة على شنيور أو مسدس الرمل ، ويتم دهان حديد التسليح بمادة مانعة للصدأ كالإيبوكسي المحتوى على زنك أو دهان يحتوى على كروميد الزنك .
 (ب) يتم عمل طرشة بمونة أسمنتية مضاف إليها مواد رابطية Bonding agent لزيادة قوة الالتصاق ولحام الخرسانة القديمة بالخرسانة الجديدة .

(ج) يتم عمل الغطاء الخرساني من خرسانة تتكون من الركام الرفيع الذي لا يزيد حجمه الأقصى لحبيباته عن ٥ مم ، والرمل والأسمنت بنسب عالية لا تقل عن ٤٠٠ كجم / م^٣ رمل مع إضافات زيادة سيولة .

(د) في بعض الأحيان يتم عمل الغطاء الخرساني من المونة الأسمنتية البولمرية أو المونة الأسمنتية البولمرية المسلحة بألياف الفيبرجلاس أو المونة الإيبوكسية ، وذلك طبقاً للمتطلبات الإنشائية .

(هـ) يجب استعمال جهاز مدفع الخرسانة .

(٢) القمصان (التغليف) للأعمدة :

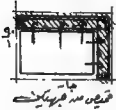
(أ) التغليف (القمصان) للأعمدة من أنحج الطرق استخداماً في إصلاح الأعمدة وفي زيادة قدرتها على تحمل أحمال جديدة ، وفي منع حدوث تدهور جديد إذا كان الوسط المحيط ضاراً بالخرسانة أو حديد التسليح يعتبر بناء على ذلك علاجاً لما أصاب هذا العمود سواء الجزء الخرساني أو حديد التسليح بالعمود ، ولكي يستعيد العنصر الخرساني للعمود من هذا القمصان يجب أن يتم تنفيذه بعناية ودقة فالتفتين حيث يحاط العضو الخرساني القديم بطبقة غير منفذة للرطوبة والوسائل الصادرة مما يوفر الحماية للعمود .

(ب) رغم أن القمصان يعمل على زيادة المساحة للقطاع العرضي وزيادة مساحة الصلب الرأسى في حالة حدوث صدأ للصلب الأصل فهو يوفر ضغطاً جانبياً confinement عن طريق تسليح عرضي (الكائنات) والقطاع الخرساني للعمود مما يؤدي إلى زيادة قدرة العمود الأصل حتى وإن لم يزد قطاعه .

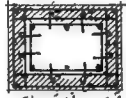
(ج) تستعمل الشدات الخشبية في كثير من الأحوال التي تتعرض للماء ، والشدات المعدنية هي شدات مؤقتة ، وتستعمل عندما يكون الصب تحت الماء وتصنع هذه الشدة بحيث يسهل

نكها وتزود بشرائح المطاط بحيث لا يحدث تسرب اللباني منها .
بمادة حامية ضد الحريق والصدأ والأشكال التالية تبين عدة حالات لعمل القمصان .

جميع الدوائر أو أشرطة
محمولة ، الإيبوكسي وتحميد
سطوحها وهنه بمادة رابطة
الغبار



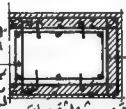
قصر صدر حديدية



قصر صدر أربعة حديدية



قصر صدر حديدية واحدة



قصر صدر مثلية حديدية

قصر صدر حديدية واحدة

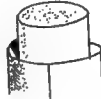
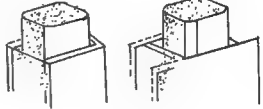
(ز) يمكن حساب الزيادة في قدرة العמוד على تحمل الأحمال نتيجة توفير الضغط الجانبي من المعادلة التالية .
الزيادة في الحمل = $2.5 \times$ محيط العמוד الأصلي \times سمك القميص \times مقاومة الخرسانة لقميص الشد .
(ح) يمكن نقل الزووم من البلاطة أو الكمرات إلى العמוד باتخاذ الآتي :

(١) إضافة أسياخ في العמוד. وتعد في البلاطة عن طريق عمل فتحة بقطاع 3×3 سم ثم تملأ بمونة الإيبوكسي .
(٢) يمكن تركيب زوايا من الحديد مثبتة في العמוד أو البلاطة بمسامير قلاووظ أو بمسامير فيشر .

(٣) طريقة عمل قميص من الخرسانة المسلحة للأعمدة :

تحدد الحاجة للقميص وأبعادها وتسليحها طبقاً للمتطلبات الإنشائية وتبني الخطوات التالية وذلك بعد الصلب الجيد حول العמוד :

(أ) إزالة الغطاء الخرساني بحرص وحذر شديدين ويفضل أن يتم ذلك يدوياً لمنع حدوث اهتزاز العמוד ويتم تنظيف السطح الخرساني جيداً وتنظيف حديد التسليح جيداً بفرشاة سلك أو بمجهاز sand blast الذي يعتمد على قذف الرمال لإزالة الصدأ والأجزاء الضعيفة في الخرسانة ثم يتم دهانه بالإيبوكسي ويرش بالرمل النظيفة ليعمل على تماسك الخرسانة بالحديد عند الصب .



عمله قصبه مدبرية مختلفة للأعمدة الخرسانية

(د) في حالة الأعمدة الطرفية يمكن ملء القميص ودمكه من الخارج بواسطة الطراوات الخارجية (هزاز شدة) حيث إن القميص أعرض من العמוד الأصلي .

(هـ) في حالة الأعمدة الداخلية تيملاً القميص تماماً وعدم ترك فراغ من الخرسانة الجديدة والسقف القديم ويمكن أن يصب القميص على حطات كلاً منها لا يزيد عن 1.5 م في الحطة العليا يتم عمل فتحة في الشدة لصب الجزء العلوي من القميص ، والأفضل عمل فتحة في السقف الحطة لصب الحطة العليا ودمكها منها حتى يمكن التأكد من عدم وجود فراغ بين السقف والقميص .

(و) أنواع القمصان أربعة حالات هي :

(١) التغليف بالكامل ليست له مشاكل لا في طريقة الشدة ولا في توزيع الأحمال ، ولكن يجب زيادة عدد الكانات ، لأن زيادة الكانات يزيد من كفاءة القميص ، ويمكن استعمال مسامير قص أو أسياخ تثبيت بمونة الإيبوكسي .

(٢) التغليف من جهتين أو ثلاث جهات فيستحسن ربط كانات القميص بالحديد الرأسى للعמוד الأصلي ، لأنه في حالة عدم الربط فيصبح هناك لا مركزية في الحمل على القطاع الجديد ، وتؤدي إلى حدوث زووم وانفصال بين القميص والعמוד القديم ، ويجب زيادة الكانات في المنطقة العليا من العמוד وهي مسافة تساوي ضعفين إلى أربعة أضعاف عرض العמוד الأصلي . ويجب وضع مسامير القص أو أسياخ تثبيت بالإيبوكسي .

(٣) التغليف من جهة واحدة وهو نادر ، ولكن يجب دخول الكانة في كل الأركان للعמוד القديم هذا بخلاف أسياخ تثبيت في الخرسانة القديمة بمونة الإيبوكسي ، ويمكن ربط العמוד القديم والجديد بمسامير قلاووظ بشرط أن تغلف هذه للمسامير

٥ - الأسباب التي أدت إلى تصدع العمود الذي انتفاخ في بعض الأمكنة وضيق في الأمكنة المتصلق بها بالصورة التالية :

أولاً : سوء التنفيذ .

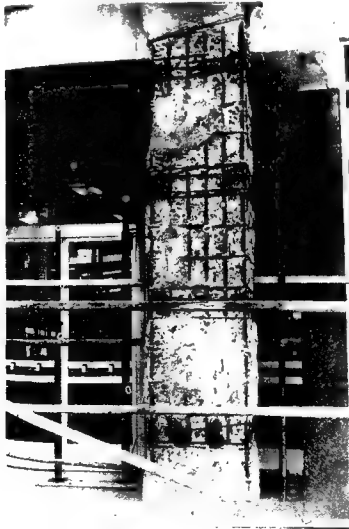
ثانياً : زيادة الأحمال

ظروف هذا المبنى أنه مصمم على أنه لا يتحمل أكثر من خمسة أدوار ولكن للجشع زيد على هذا المبنى أربعة أدوار دون عدم زيادة قطاعات الأعمدة .
لهذه الظروف السابق شرحها تم الصلب حول جميع الأعمدة التي بالدور الأرضي وتم تنظيفها كما بالصورة ويتم التقوية كالآتي :

- ١ - عدم انتظام الكانات .
- أ - يلاحظ بأسفل العمود حوالى أربعة كانات ملتصقات ببعضها وليس هناك مسافات بين هذه الكانات .
- ب - بعد هذه الكانات يوجد كاتنتان فقط المسافة بين الكانة والأخرى لا يقل عن ٤٠ سم .
- ج - يلاحظ بعد هاتين الكاتنتين أربعة كانات أخرى ملتصقة وليس هناك مسافة بين الكانة والأخرى .
- د - يلاحظ بعد ذلك وجود ثلاثة كانات لا تقل المسافة بين كل منها عن ٣٠ سم .
- هـ - نلاحظ بعد ذلك عدة كانات ملتصقة وهكذا إلى باقي العمود .

- أ - زرع أشبار بمونة الإيبوكسى .
- ب - زيادة تسليح الأعمدة بتصميم جديد مع عمل كانات حول العمود مباشرة وكنات أخرى حول المحيط الخارجى للحدود الرأسى المستعد .
- ج - يتم الصب على خطوات كما في البند (٣) طريقة عمل قميص من الخرسانة المسلحة .

و - نظراً لعدم انتظام الكانات التي يجب أن تكون المسافة بينها لا تزيد عن ٢٠ سم بأى حال وذلك ظهر لهذا العمود



مثال رقم (١) يشمل البلاطات والكمرات والأعمدة

هذا المثال قام به أحد الأساتذة الإنشائيين وسنختصر ما هي الخطوات التي تمت وما الغرض من إصلاح هذا المبنى المقام بمنطقة الحرم .

هذا المبنى مكون من دورين وبعد الانتهاء من تشطيهه بالكامل بفترة قصيرة ظهرت علامات التصدع والتشقق في الأعمدة والكمرات والبلاطات وقد بدأت المراساة وظهر أنه ليس هناك عيب في التصميمات الإنشائية ولا مياه الخلط ولا في نسب الأمنت رغم صبدأ صلب التسليح المستخدم ولكن وجد أن الخرسانة المتلفة تحتوي على نسبة عالية من أيونات الكلوريدات والتي ظهرت في الركام المستخدم والذي يزيد عن المسموح به طبقاً للمواصفات مما نتج عنه صبدأ الحديد المستخدم في التسليح وكان هذا السبب المباشر في ظهور الشروخ وقد أمكن ترميم المبنى بالكامل حسب الخطوات التالية :

خطوات تنفيذ تدعيم البلاطات الخرسانية للأسقف :

تم البدء في تدعيم آخر دور أولاً ثم الأدوار الأخرى التي تليه حيث تم التنفيذ طبقاً للخطوات الآتية :

(١) إزالة طبقة البياض حتى يتم ظهور حديد تسليح البلاطات تماماً مع إزالة الرأيش والمتشم .
(٢) صلب البلاطات بعروقي خشب .

(٣) زرع أشبار من حديد تسليح ٨ مم بطول ٦ سم باستخدام ثاقب كهربائي (شنيور) مع تثبيتها بمونة إيبوكسية مع دهانها بمادة إيبوكسية لاصقة حيث يتم زرع الأشبار بكامل سطح البلاطات كل حوالي ٦٠ سم في الاتجاهين ، والغرض من زرع الأشبار هو تثبيت شبكة حديد التسليح الإضافي مع دخول أسياخ الشبكة الجديدة في الكمرات المجاورة بقدر الإمكان كما في الشكل التالي .

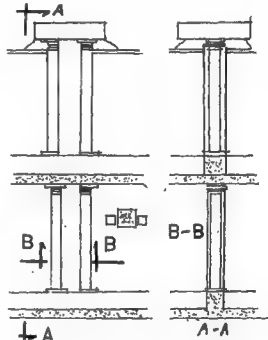
(٦) زيادة أحمال الأعمدة في حالة عدم وجود أى عيوب ظاهرة في خرسانة العמוד :

(أ) يتم عمل أشبار قطع في العמוד بدون إزالة الغطاء الخرساني .

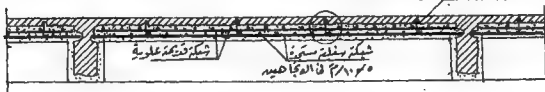
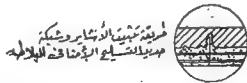
(ب) تتم جميع المراحل السابقة في البند الثالث ، طريقة عمل خرسانة الأعمدة .

(٧) طريقة رفع وصلب أحد الأعمدة المنهارة تمهيداً لإصلاحه :

في حالة ما إذا وجد العמוד منهاراً ، ويجب إزالته فقبل أى عمل أو تكسير ، يجب صلب الأعمدة والرسم التالي يبين قطاع رأس وقطاع أقصى لطريقة الصلب .



طريقة رفع وصلب أحد الأعمدة المنهارة تمهيداً لإصلاحه



ثم تكرر تنفيذ الخطوات السابقة على جميع بلاطات المبنى مع مراعاة الاتصال بين البلاطات والكمرات حسب ما سيتم شرحه في تدعيم الكمرات ومع عدم تلاصق حديد البلاطات القديم أو الإضافي مع الخرسانة القديمة وأن يكون محاطاً تماماً بالمونة الأسمتية الإيوكسية .

خطوات تنفيذ تدعيم الكمرات :

يتم تدعيم الكمرات في نفس وقت تدعيم البلاطات وذلك كما هو موضح بالأشكال التالية وحسب الخطوات التالية :

(١) صلب البلاطات المتصلة بالكمرات المطلوب تدعيمها وكذلك صلب الكمرات .

(٢) إزالة طبقة البياض لكل كمرية حتى يظهر حديد التسليح السفلي والكانات لكمرات أسقف الدور الأرضي والأول (كما بالشكل التالي) أما في كمرات سقف الدور الأخير فيلزم الكشف على حديد التسليح العلوي وتكسور جزء من البلاطة المتصلة بالكمرية كما في الشكل التالي .

(٣) إزالة صيداً حديد التسليح للكمرية تماماً باستخدام الفرشة السلك مع إضافة كانات على شكل □ لكمرات سقف الدور الأرضي والأول وقد تم تغريم الكمرية بقطر ١٣ مم كل ٢٥ سم تحت البلاطة مباشرة وتم ملء هذه الأغرار بمونة إيوكسية بحيث تدخل كانة بالكامل في هذه الغرور بحيث تكون الكانة بالكامل داخل مونة الإيوكسي ولا تلمس الخرسانة مع عمل غرور أفقية بالعمود وتثبيت أشرطة ليربط فيها أشرطة الحديد المستجدة السفلي كما في الشكل التالي .

(٤) تنظيف حديد التسليح المتخذ من الصيداً الذي لحق به باستخدام فرشاة سلك وقد تم إزالة الصيداً تماماً بكامل مسطح البلاطة وإزالة الحديد التالف نتيجة الصيداً مع استعمال صنفرة رملية لتنظيف الأسطح من الحبيبات الدقيقة ويمكن استخدام هواء أو ماء مضغوط لغات الغرض والكشف عن الشروخ .

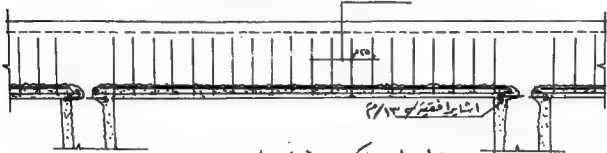
(٥) دهان الحديد المتبقى بعد إزالة الصيداً وكذلك شبكة التسليح الإضافية بمادة إيوكسية مائنة لصيداً الحديد في المستقبل ويرش الحديد المدهون بالرمل قبل غمام جفاف المادة الإيوكسية لتكوين سطح عشن .

(٦) تدعيم مسطح البلاطات بمادة لاصقة بين الخرسانة القديمة وطبقة البياض الجديدة معاً بمادة بلومرية ثم يصير تنفيذ طرطشة من الرمل والأسمتية بنسبة ١:١ لزيادة التماسك .

(٧) يتم تنفيذ طبقة البياض (تليس) بمونة أسمتية إيوكسية مقاومة للشروخ مكونة من :

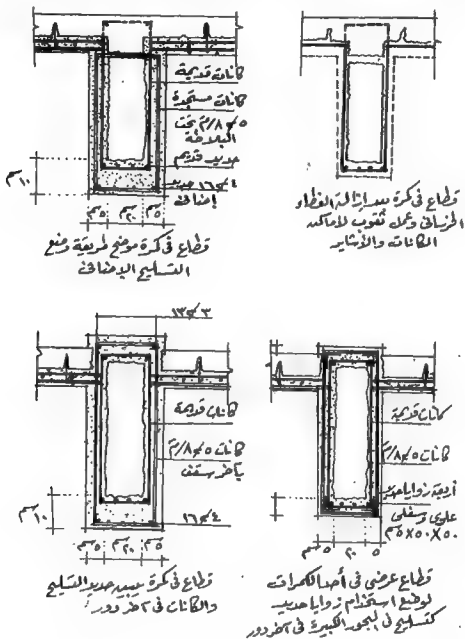
١م^٣ رمل نظيف : ٣٥٠ كجم أسمتية بورتلاندى عادى : ٣٠ كجم أديرون : ٦ كجم أديكرت مبطن للشك على أن يتم التنفيذ على طبقات كل طبقة ٢ سم كما في الشكل السابق والذي يوضح الأشرطة للزروعة وكذلك يوضح حديد التسليح الذي تم تنظيفه كما يوضح شبكة حديد التسليح الإضافية التي تم تثبيتها بالأشبار وكذلك الكمرات الحاملة للبلاطات ويلزم اتباع التعليمات الخاصة بالمواد الإيوكسية المستخدمة والصادرة من أماكن تصنيعها .

المرحلة ٨ / تم تثبيتها كما هو موضح في الصورة تحت



فترع فوق في كمرية بعد تدعيمها

أما عن كميرات الدور العلوى مع السقف فقد وضعت
الكافة في الكمرة بكامل قطاعها مع وضع حديد تسليح إضافي
المؤثرة عليها ويمكن استخدام زوايا حديد على شكل L
والأشكال الأربعة التالية تبين هذه المراحل .



وعلى ألا يلامس الخرسانة القديمة المحتوية على نسبة عالية من
أيونات الكلوريدات والتي تسبب صدأ حديد التسليح .
(٧) ثم تكرر الخطوات السابقة حتى يتم الانتهاء من تدعيم
جميع الكمرات مع مراعاة دقة الربط بين حديد التسليح الإضافي
والبلاطات والكمرات كما هو موضح بالأشكال السابقة مع الأخذ
في الاعتبار عدم تلامس حديد التسليح القديم أو الإضافي مع
الخرسانة القديمة .

(٤) دهان حديد التسليح بمادة إيبوكسية مانعة لصدأ الحديد
مع رش الحديد المدهون بالزمن قبل تمام جفاف المادة لتكوين
طبقة خشنة تساعد على التصاق المونة الصمغاً جيداً .
(٥) دهان سطح الكمرة بالكامل بمادة لاصقة بين الخرسانة
القديمة والمونة الجديدة .
(٦) يتم تنفيذ طبقة المونة الأسمتية (مثل البلاطات) على
طبقات حتى يتم عمل غطاء لحديد التسليح لا يقل عن ٢ سم
مع مراعاة أن يكون حديد التسليح محاطاً بالمونة الأسمتية تماماً

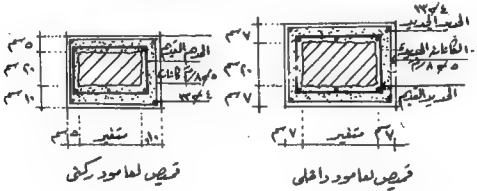
خطوات تنفيذ تدعيم الأعمدة :

والمتهشم من الخرسانة مع استعمال صنفرة رملية للتنظيف مع زرع أشجار من الحديد تثبت بالإيبوكسى كل ٥ سم لتربط الحديد المستعد .

ثم تدعيم أثناء صب الكمرات المتصلة بالعمود المطلوب تدعيمه وذلك طبقاً للخطوات الآتية :

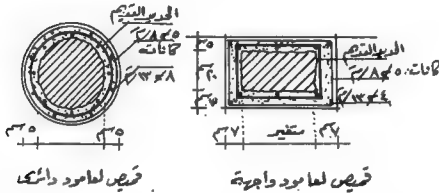
(٣) إضافة حديد التسليح الرأسي مع كانتات جديدة حسب شكل وموضع العمود لتنفيذ قمعيس كما بالشكل التالى والذى يوضح تدعيم عمود داخلى وعمود فى ركن المنشأ وعمود على الوجهة وكذلك عمود دائرى .

(١) إزالة طبقة بياض على أسطح العمود وحتى يظهر حديد التسليح الطولى والكائات تماماً .
(٢) تنظيف صدى الحديد بفرشة سلك تماماً مع إزالة الرايش



قمعيس لعمود ركنى

قمعيس لعمود داخلى



قمعيس لعمود دائرى

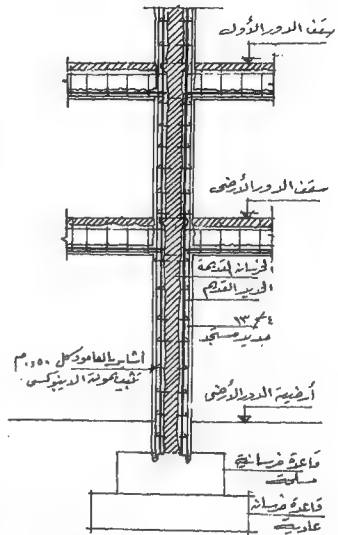
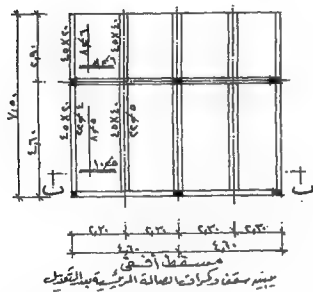
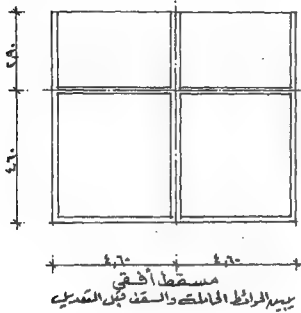
قمعيس لعمود واجهية

المبنى إلى شكله الجمالى بعد ترميمه بدهانه بالكامل ، هذا وتم إجراء الكشف على الأساسات ، وتم التأكد من خلوها من الكلوريدات الزائدة عن المسموح به ، ولم يظهر صدأ لحديد التسليح حيث تم استعمال ركام فى بداية التنفيذ لا يتخوى على نسبة عالية من الكلوريدات ، والرسم التالى يبين قطاع رأسى فى عمود داخلى واتصاله بالبلاطات والكمرات .

(٤) ثم دهان حديد التسليح بمادة لحماية حديد التسليح من الصدأ مع الرش برمل ثم دهان أسطح العمود بمادة للصق الخرسانة المستجدة للقمعيس مع الخرسانة القديمة .
(٥) والدهان السابق طرى ينفذ طرشرة ثقيلة من الرمل والأسمت بنسبة ١:١ .

(٦) ثم تنفيذ قمعصان الأعمدة من الخرسانة باستخدام زلط رقيق للأعمدة الداخلية ، وقد تم (التليس) باستخدام مونة أسمتية لبعض أوجه الأعمدة فى الأركان أو على الواجهة للحفاظ على الشكل النهائى للواجهات للمصارى وبمسك ٥ سم مع إحاطة حديد التسليح بخرسانة القمعصان أو المونة إحاطة تامة لمنع تلامسه مع الخرسانة القديمة .

(٧) ثم تكرار الخطوات السابقة لجميع أعمدة المبنى ، وتم استعمال المبنى بأمان تام بعد الانتهاء من أعمال الترميم وأعيد



قطاع أسي لتسليم عامود داخلي واتصالها بالكمبرات
مثال رقم (٢) لتغيير النظام الاستاتيكي للعناصر الحاملة
للمنشأ.

معظم المباني الحالية تنشأ بنظام الهيكل المكون من أعمدة وكمبرات وأسقف، ولكن توجد بعض المباني ذات الحوائط الحاملة، وفي بعض الأحيان تزال بعض هذه الحوائط الحاملة خصوصاً في الأدوار السفلية لعمل محلات تجارية، أو لتحسين التقسيم المعماري، وهذه الإزالة تؤثر تأثيراً ضاراً، وتؤدي إلى تصدعات، وفي بعض الأحيان إلى انهيار المبنى.

❖ من المطلوب به تغيير النظام المعماري بإزالة الحوائط الحاملة للأسقف لإنشاء صالة استقبال (٩,٢ × ٧,٥ م) كما في الشكل التالي، والمواد إنشاء هيكل خرساني يتكون من بلاطة وكمبرات وأعمدة وقواعد جديدة.

ونظراً لعدم توفر الرسومات الإنشائية لمعرفة صلب التسليح بالبلاطات، فقد تم اختيار أنسب الأماكن لإنشاء الأعمدة حتى لا تعوق استخدام الصالة، وبناءً على ذلك كانت خطوات العلاج كالتالي:

(أ) جرى تصميم السقف الجديد طبقاً للكود المصري لتصميم الخرسانة بسمك ٨ سم ومرتکز مباشرة على الكمبرات الجديدة وعلى ألا يزيد عمق الكمبرات بوسط الصالة عن ٤٥ سم لإنشاء السقف المستعار، وذلك لعدم ظهور سقوط الكمبرات بشكل يشوه الصالة.

(ب) صلب السقف القديم للصالة والجدران المجاورة لها وبشدة ملاصقة تماماً له فيما عدا أماكن الكمبرات المستحقة.

(ج) تم تفريغ خرسانة السقف القديم لأماكن الجسور

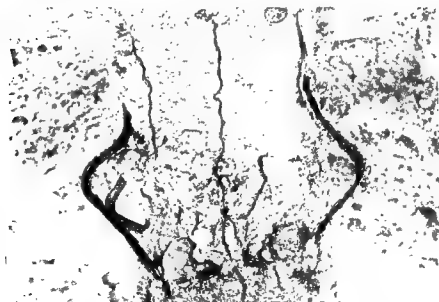
مجموعة من الأعمدة حدث لها عيوب التي بسببها حدث التشقق



تشقق بعמוד خرساني لتخزين مياه
كيماوي بجواره

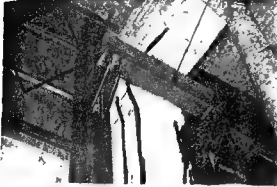


تشقق وتآكل بعמוד بمحطة تحلية مياه
البحر

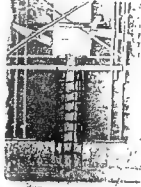


تشقق عامود بيدروم بسبب تعرضه لمياه كبريتية

مجموعة من الأعمدة حدث بها عيوب التي بسببها حدث التصدع



شكل بين صلب عامود طرق لتدعيمه



شكل بين شدة لتدعيم
عامود لعمل قميص
عمرانة حوله



شكل بين انهيار لقوى
القص لأحد الأعمدة
نتيجة زلزال فالسيكو



شكل بين انتفاخ حديد التسليح بسبب
عدم قدرته على تحمل الأحمال الواقعة
عليه بالإضافة إلى تعرضه لمياه كبريتية من أسفل

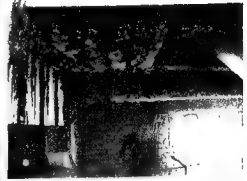
مخزن زراعي لتخزين السماد وقد تأثر العامود
بكميائات الأسمدة ومدى الإحتمال
في عدم تعبئة الأسمدة في أجولة



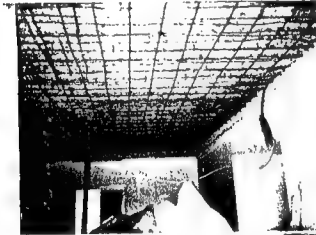
مجموعة من البلاطات والكمرات والعيوب التي بسببها حدث التصدع



سقف خزان به مياه ولم يتم له الحماية الكافية فبدأت
الخرسانة تتحلل وبالتالي صدأ الحديد



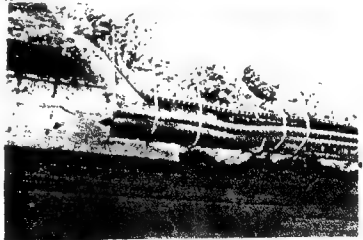
كمرات مصنوع به أجرة كيماوية
فحللت الخرسانة نتيجة عدم
حمايتها ضد هذه الأجرة



سقف خرساني تم إزالة الغطاء الخرساني
بسبب وجود مواد كلورية بالزلط ويتظف لوضع
سقف آخر أسفله بشبكة من الحديد مع ربطه
بأشواير في السقف القديم



حائط خرساني مسلح تحللت الخرسانة
بسبب أجرة كيماوية



سقوط الغطاء الخرساني لهذه الكمرة بسبب عدم وجود
غطاء كافٍ لحماية الحديد



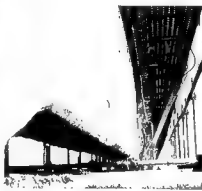
نظافة لعمود لعمل قميص له



غازات وأبخرة كيميائية أثرت على الغطاء الخرساني فسيبت في سقوطها وصلد الحديد



تساقط الخرسانة لتضعف المونة



طريقة تدعيم كوبري لصلد الحديد به



طريقة عمل شدة لتدعيم عامود

الفصل الرابع

الأساسات

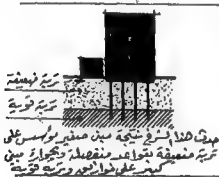
د - تأسيس مبنى ثانوى بناس مبنى رئيسى :
إن إضاءة مبنى ثانوى ملاصق لمبنى رئيسى يعرض منطقة التلاصق إلى التصدع بسبب القيمة الكبيرة للهبوط الكلى للمبنى الرئيسى ، كما فى الشكل التالى بغض النظر عن نوع الأساس المستخدم ، والحل هو اعتماد فاصل هبوط بين المبنى والعمل على جعل فرق هبوطهما مقبولا إذا كان ذلك ضروريا .



مرفق هذا المرفق يظهر تشقق مبنى ثانوى
مدمج مع مبنى رئيسى

هـ - جمع أنواع مختلفة من الأساسات وتأسيسها على مناسيب مختلفة :

إن الاختلاف فى السلوكية الميكانيكية للأساسات ينتج عنه فرق فى الهبوط ويزيد فى هذا الفرق :
* تأسيس أنواع مختلفة من الأساسات على مناسيب مختلفة من طبقة واحدة كما فى الشكل التالى :
* تأسيس أنواع مختلفة من الأساسات على مناسيب مختلفة وعلى طبقات مختلفة .



مرفق هذا المرفق يظهر مبنى مدمج مع مبنى ثانوى
تأسيسه على مناسيب مختلفة وتأسيسه على مناسيب مختلفة

٢ - عيب فى تربة التأسيس :

تعتبر الدراسات الجغرافية على موقع المشروع وفق النظم العالية بمثابة الدراسات الأولية حيث إن إجراء دراسة تعطي فكرة دقيقة عن الواقع الجيوتكنيكي للموقع أمر شبه مستحيل نظراً لتكلفتها العالية التي قد تتجاوز حدود المخطوط وبناء على ما تقدم فإن الدراسة الأولية قد تكون عاجزة عن معرفة عيوب جيوتكنيكية كثيرة أهمها :

أ - وجود طبقة تربة ضعيفة :

إن عدد الجسات التي تقررهما الأنظمة للدراسة الجيوتكنيكية للموقع قد لا تكشف عن وجود طبقات للتربة ضعيفة متواجدة

أولاً : الأسباب الجيوتكنيكية لتصدع المنشآت :
قبل أن نبدأ فى دراسة الأساسات يجب أن تلقى الضوء على الأسباب الجيوتكنيكية لتصدع المنشآت وذلك نتيجة تعرض الأساسات لهبوط غير منتظم .

وذلك بسبب نقص فى الدراسات الخاصة بميكانيكا التربة لموقع المبنى ، وخطأ فى تطبيق الأحمال على تربة الأساسات . وجود مؤثرات خارجية على الأساسات وترتيبها وخطأ فى تنفيذ الأساسات أو تصميمها الإنشائى أو ميكانيكا التربة ، ويجب الأخذ فى الاعتبار بكل هذه المشاكل وغيرها التي سببها الإهمال فى دراسة الأساسات وتؤثر منها ما يلى :

١ - خطأ فى تطبيق الأحمال على تربة الأساسات :

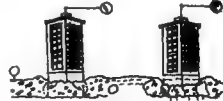
أ - عدم تناسب عرض الأساسات مع حمولتها :
لا يكتفى بأن تصمم مساحة أساسات مبنى بشكل متناسب مع حمولته ، بل يجب أن يكون عرض الأساس متناسباً أيضاً مع حمولته ، وهذا ما تؤكده لنا المعادلات العامة لحساب تحمل التربة تحت الأساس .

ب - عدم تنفيذ الأساسات بالعمق المطلوب ، يؤدي إلى التأسيس على طبقات ذات سماكة قليلة مما قد يعرض المنشأ للانتهيار كما فى الشكل التالى :



انتماس على طبقة تربة ضعيفة
قليل يجب صواب الجهد على طبقة التربة الضعيفة

ج - عدم دراسة التربة الضعيفة جيداً حيث إن الخطأ فى تقدير الهبوط أو فى درجة تماسك التربة يعرض المنشأ للخطر كما فى الشكل التالى :



تعتبر المرفق تابع لدراسة التربة وتأسيسها
دراسة التربة الجيوتكنيكية (الدراسة الجيوتكنيكية)
الدراسة الجيوتكنيكية (١١)

داخل طبقة التأسيس مما قد يعرض المبنى للتشقق نتيجة هبوط تفاضلي كبير .

هـ) عدم الوصول إلى العمق المطلوب :

إن عدم التنفيذ لعمق المطلوب يؤدي إلى التأسيس على طبقات ذات سماكة قليلة مما قد يعرض المنشأ للاهتزاز وإذا تم هذا فيجب أن يكون التصميم على الطبقة الضعيفة السفلية .
و) يجب الدقة وعدم الخطأ في تقدير الهبوط أو في درجة

٣) مؤثرات خارجية على الأساسات وترتيبها :

إن تصدع المنشأ قد يكون لأسباب أخرى ليس لها علاقة بواقع التربة أو المنشأ عند التصميم ، أي هي غير الأسباب المذكورة سابقاً وأهمها :

أ) تأسيس مبنى جديد بجوار مبنى قديم :

إن إضاءة مبنى جديد بجانب مبنى قديم يخلق إجهادات جديدة على تربة الأساسات المجاورة والخاصة بالمبنى القديم فيعرض المبنى للتشققات نتيجة للهبوطات التفاضلية الحاصلة بين أساساته .



ب) وضع حمولات جديدة على جزء قديم أو مجواره :

إن تخزين المواد بجانب مبنى قائم أو وضعها على جزء منه (بناء على جزء من السطح الأخير ، تخزين مواد في قسم من الدور) هو عبارة عن زيادة في الحمولات على جزء من أساسات المبنى دون غيرها ، وهذا يخلق هبوطاً تفاضلياً قد يؤدي إلى تشقق المبنى .

ج) تنفيذ حفريات مجاورة :

يجب أن لا تؤثر الحفريات المجاورة على منطقة التربة المجاهدة للأساسات المجاورة للحفريات والمائلة للمبنى القديم . حيث إن ذلك يحدث خللاً في التربة وبالتالي هبوطاً في الأساسات ثم تشققاً في المبنى .



سبب السد في وجود حفريات مجاورة للمبنى



ب) تأسيس جزء من المنشأ على طبقة ردم :

عند المباشرة ببناء مناطق توسع المدن يجب الانتباه إلى أن هذه المناطق استخدمت سابقاً لإلقاء الردييات وقد يصادف أن لا تكشف الجسات أجزاء من الموقع تعرضت للردم مما قد يعرض المبنى المشاد على هذا الموقع إلى الهبوط التفاضلي ثم التشقق كما في الشكل التالي :

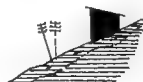


هذا السد سببه أحمال جديدة على المبنى القديم على ردم ولاذخراً أساس على ردم وجودة إنشاعات قديمة :

إن وجود الإنشاعات القديمة (أنفاق أو ما في حكمها) أو بقايا الإنشاعات القديمة (أساسات - جدران) يزيد من صلابة التربة ويقلل من هبوطها وهذا يؤدي إلى إحداث فرق هبوط يؤدي إلى تصدع المنشأ المشاد على الموقع .

د) التأسيس على طبقة تربة معرضة للانزلاق :

إن التأسيس على طبقة مائلة يعرض التربة للانزلاق وذلك عند إشباعها بالماء (فصل الشتاء) مما يؤدي إلى تصدع المنشأ . كما في الشكل التالي بين مبنى شيد على تربة مائلة تنزل في اتجاه واحد أو إذا شيد على قمة هضبة تتعرض فيها الطبقة الغير مستوية للانزلاق بجميع الاتجاهات الأفقية :



هذه السد في سبب التأسيس على طبقة معرضة للانزلاق

(ز) أثر الماء على تربة الأساسات :

✱ أثر صرف وتخفيض مستوى الماء الجوفي :
في حالة تكون تربة أساسات مبنى متأثرة بالمياه الجوفية ، فإن ضخ المياه (عن طريق بر أو حفرة مجاورة كما في الشكل التالي) والمؤدى إلى تخفيض مستوى الماء الجوفي يحدث تشققات في المبنى بسبب هبوط وانجراف التربة وانتهيار ميل جوانب الحفرة .



سحب المياه من بئر المجاور

✱ أثر تغير درجة رطوبة تربة الأساسات :

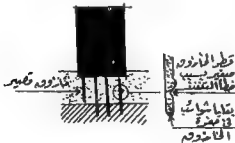
قد تنتج التشققات ، المنشآت بسبب الهبوط التفاضلي الذي تتعرض له الأساسات نتيجة إلى انكماش تربة الأساسات المحيطة في فصل الصيف أكثر من تربة الأساسات الداخلية أو انكماش تربة مجموعة الأساسات المجاورة لمصدر حراري أكثر من غيرها أو انكماش تربة الأساسات المتأثرة بفيلور الأشجار المزروعة في الحدائق .

✱ انتفاخ تربة الأساسات المحيطة في فصل الشتاء (مطر متجدد) أكثر من تربة الأساسات الداخلية أو انتفاخ تربة مجموعة الأساسات المجاورة لمصدر مائي أكثر من غيرها .

(هـ) غطاء في تنفيذ الأساسات أو في تصميمها الإنشائي أو الجيوتكنيكي :

(أ) التأكد من سلامة تنفيذ جسم الأساس :

يجب أن يكون جسم الأساس سليماً محققاً للمواصفات المطلوبة ليقوم بنقل الحمولات إلى التربة بشكل سليم .
إن شيوع استخدام الأساسات العميقة هي نتيجة حماية لميزات هذا النوع ولكن ككرة عيوب ما كان منها في المكان يجعلنا تنبه إلى أهمية التدقيق في هذه الناحية خاصة الأساسات الحازوقية كما في الشكل التالي :



إن هذا الخطأ يحدث عند تنفيذ حفرة مبنى مجاور كما في الشكل السابق أو عند تنفيذ حفرة عميقة لحدائق صرف رئيسي أو ما شابه ذلك .

والحل في مثل هذه الحالة تنفيذ حفريات مدعمة أصولاً لأن عدم الدقة في تنفيذ التدعيم يعرضه للانتهيار .

(د) مرور آليات أو دق خوازيق بجانب المنشأ :

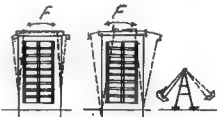
عند أن مرور الآليات الثقيلة يؤثر على الأعمال المنفذة تحت الأرض (أنفاق - مجاري ..) فإنه يحدث موجات اهتزازية تساعد على تفكك التربة وكذلك الحال عند دق خوازيق كما في الشكل التالي وعليه قد يحدث تشققات في المنشآت المجاورة بسبب الهبوطات الحاصلة .



سبب الاهتزازات الناتجة عن حركة الآليات

(هـ) تعرض طبقة التأسيس للهزات الأرضية :

إن أثر الهزة الأرضية على تربة الأساسات أثر مزدوج فبالإضافة إلى هبوط التربة تحت الأساسات بسبب التعرض لموجات الهزة الأرضية فهي تحدث تمركزاً في الإجهادات المطبقة على التربة بواسطة الأساسات بسبب حالة عدم جسات المنشأ .
والنتيجة حصول هبوطات قد تؤدي إلى تشققات في المنشآت .



سبب الاهتزازات الناتجة عن حركة الآليات

(و) تعرض أساسات المنشأ أو تربة له لفعول المخاليل الكيميائية :

إذا تعرض جسم بعقم الأساسات لفعول المخاليل الكيميائية المؤثرة عليه فهذا يعني إضعاف جسم الأساس وتعرضه للانكماش . وبالتالي تعرض المنشأ لإمكانية الانتهيار .

أما إذا تعرضت تربة بعض الأساسات لفعول المخاليل الكيميائية المؤثرة عليها فهذا يعني إضعاف قيمة تحمل التربة وحدثت الهبوط التفاضلي وبالتالي تعرض المنشأ لإمكانية الانتهيار .

ب) تطبيق التصميم الإنشائي :

يجب إجراء تدقيق على التصميم الإنشائي لأن أى خطأ فى حساب الأحمال المطبقة على الأساس أو فى التصميم الإنشائي للأساس نفسه قد يكون سبباً فى تصدع المنشأ .

ج) تدقيق الشروط الجيوتكنيكية للأساس :

إن أثر الجليد يضعف جسم الأساس وقد يؤدى إلى تصدعه لذا يجب أخذ الاحتياطات اللازمة وإبعاد ظهر الأساس عن سطح الأرض المعرضة للجليد بالقدر الكافى .

ولكل هذه الأسباب مجمعة أو منفردة قد تفيدنا لمعرفة أسباب الانهيار الخاص بالأساسات ، والذي يؤثر على جميع أعضاء المنشأ بالتالى وما ذكر تقريباً هى الأخطاء التى يجب مراعاتها عند التأسيس .

ثانياً : تدعيم وتقوية وعلاج الأساسات السطحية :**تتضمن هذه الدراسة فى الآتى :**

- ١) علاج صدى الحديد .
- ٢) إصلاح الشروخ الخرسانية بالأساسات .
- ٣) زيادة مساحة التحميل على الأرض أو زيادة ارتفاع القاعدة المسلحة .
- ٤) تقوية الأساسات بتحويل القواعد المنفصلة إلى لبشة .
- ٥) تقوية الأساسات بزيادة سمك اللبشة .
- ٦) مبنى مؤسس على قواعد منفصلة وتم زيادة أساسات خازوقية جديدة .
- ٧) إضافة قواعد مسلحة زيادة وعلاج الأساسات لإنشاء المبني على تربة متفخخة .
- ٨) حقن التربة .
- ٩) تجميد التربة .

ثالثاً : الأساسات العميقة وتتضمن فى الآتى :

- ١ - استعمالات الخوازيق .
- ٢ - مثال المبني قواعد منفصلة وتم له أساسات خازوقية جديدة .
- ٣ - القمصان .
- ١) علاج صدى الحديد :

صدأ الحديد فى القواعد المنفصلة للأساسات : من المعروف أن الحديد الذى يتحمل الشد هو أسفل القاعدة ، أما الحديد الذى بالجوانب فهو تدعيم فتماسك الحديد مع الخرسانة وعادة ما يكون ظهر القاعدة خالياً من الحديد إلا فى حالات خاصة من التصميم توجد شبكة عليها ويتبع الخطوات التالية فى حماية صدى الحديد .

أ) من الممكن وقف صدى الحديد عن طريق الحماية

الكهربائية السابق ذكرها وهذه الطريقة مكلفة للغاية .

ب) يوجد عدة طرق لتحديد عدد وأقطار وكمية الصدا لحديد التسليح منها جهاز الإتراسونيك (جهاز الأشعة فوق الصوتية) أو جهاز البايكوميتر أو جهاز أشعة جاما أو أحد الأجهزة المشروحة سابقاً فإذا كان صدأ الحديد مؤثراً ووصل إلى مرحلة خطيرة ويؤثر على كفاءة العنصر الخرساني لابد من اللجوء إلى زيادة قطاع الأساسات ، ويسبق هذا علاج الشروخ سواء أكانت من أى نوع ومنشرح هذه الطريقة تحت بند زيادة مساحة القواعد المنفصلة .

ج) إذا كان بالحديد الذى ظهر من التكسير صدأ غير مؤثر لوقف زيادة صدأ الحديد وعلاجه يتم بإزالة الجزء المتاح من الغطاء الخرساني وصفرته جيداً بالفرشاة السلك العادية أو المركبة على شنيور أو بجهاز مدفع الرمل sand blast ثم يتم دهان الحديد بعد نظافته بالدهانات الإيبوكسية المحمية على زك أو بدهانات كروميد الزنك .

د) يتم عمل العرشة بمونة أحميتية غنية حوالى ٤٠٠ كجم/م^٣ رمل مع إضافة مواد رابطة أو دهان الخرسانة القديمة بالإيبوكسى اللاصم وذلك قبل صب الخرسانة بمدة لا تزيد عن ٤٠ دقيقة أو بربو الجنرال بوند .

هـ) يتم عمل الغطاء الخرساني بالمونة الإيبوكسية أو بمونة ألياف الزجاج أو بمونة بولومرية متغلطة أو بخرسانة مضاف إليها مواد تقليل الانكماش وزيادة مقاومة الضغط بشرط أن يكون الزلط المستعمل فينو .

و) يتم العزل بعد ذلك إما بإضافة مواد إشراب الأسطح لمنع تغلغل الكبريتات داخل الخرسانة أو دهان ثلاث طبقات من البتومين المائى المطاطى بيروبلاست أو بإحدى طرق العزل المعروفة .

٢) إصلاح الشروخ الخرسانية بالأساسات :

كما سبق شرحه فى علاج الشروخ قد تنشأ هذه الشروخ فى الأساسات من حدوث هبوط غير متكافئ differential settlement وذلك نتيجة الأحمال الواقعة على المنشأ أو أى خطأ فى التأسيس على تربة غير متجانسة أو سحب مياه بشدة من تحت الأساسات فيتسبب فى خلعقة التربة أو حدوث حفر عميق بجوار المبني أو أحد الأسباب التى ذكرناها سابقاً فيتم العلاج كالآتى :

أ) يتم علاج صدى مثل الطريقة السابقة يتم ثم إزالة الأجزاء الضعيفة وتوسيع الشروخ بقدر الإمكان بحقق مناسب ثم التنظيف بالكمبرسور ثم ملء هذه الشروخ بالمونة الغير قابلة للاكماش أو بالمونة الفيير جلاس fiber glass mortar أو بالمونة

الإيبوكسية epoxy mortar مع التأكد من وصول هذه المونة إلى عمق الشروخ .

(ب) إذا كانت الشروخ ضيقة فمعالج بالنظافة بالهواء المضغوط ثم ضخ الإيبوكسي إما بطريقة الأنابيب المعدنية أو بإحدى الطرق ثم يتم عزل القاعدة عزلاً جيداً كما سبق شرحه .

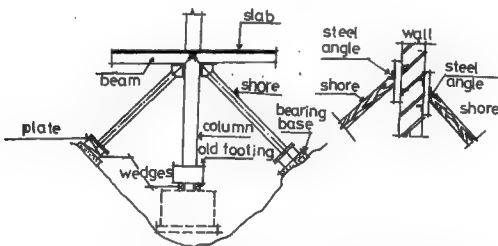
(٣) زيادة مساحة التحميل على الأرض أو زيادة ارتفاع القاعدة المسلحة :

تم زيادة مساحة التحميل على الأرض بإحدى الطرق الآتية :

(أ) تم زيادة مساحة القاعدة بالحفر أسفلها بإزالة الحمل عن القاعدة :

بواسطة الخواير wedges أو روافع برميكية screw jack .

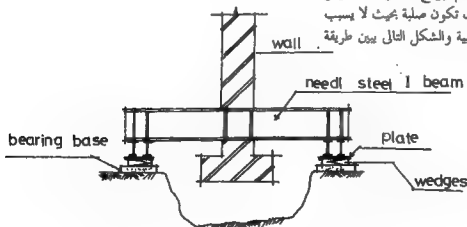
شكل يبين طريقة صلب الحائط وعمود



a - SHORING FOR COLUMN

b - SHORING FOR WALLS

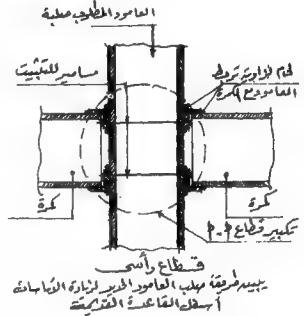
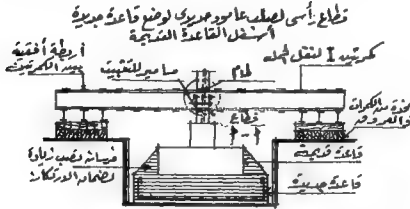
وفي حالة الأحمال العالية تستخدم روافع هيدروليكية ، ومن المهم تصميم نظام جديد للأساسات تكون صلبة بحيث لا يسبب هبوط مسموح أو أي حركة جانبية والشكل التالي يبين طريقة تعليق الحائط .



needle method

طريقة تعليق الحائط

(٢) في حالة ما إذا كانت القاعدة المسلحة تركيب عليها عمود من الصلب يتم رفع القاعدة حسب الشكل التالى :



القطاع المضاف كما يستحسن لحام الحديد الأصيل بعد فردة واستعماله ، ويتم الزيادة بالطريقة الآتية :

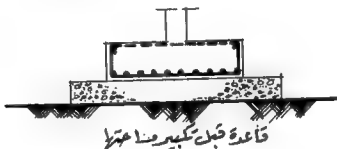
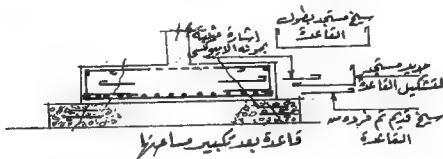
(١) يتم أولاً الحفر للوصول إلى القواعد العادية والمسلحة ثم يتم عمل دمك جيد للتربة حول القاعدة ويتم تنظيف القواعد العادية جيداً .

(٢) يتم زرع أشبار ١٢ م في جميع جوانب القاعدة العادية ، وتزيد القاعدة العادية حسب الزيادة في أبعاد القاعدة المسلحة حيث من الخطأ تحميل القاعدة المسلحة على التربة مباشرة ، وتكون الأشبار على مسافات من ٥٠ إلى ٧٠ سم في جميع الاتجاهات ، وتصب للقاعدة العادية الخرسانة المطلوب زيادتها مع إضافة مادة لحام للخرسانة القديمة بالجديدة بعد عمل طرشرة بمونة أميتية بنسبة ٤٠٠ كجم / م^٣ مع إضافة مواد رابطة بولومرية أو دهان بالإيوكسى اللاصم للخرسانة القديمة مع الجديدة ، ويستحسن عمل ميل في الخرسانة العادية القديمة قبل الصب ، لأنه في ميل الخرسانة القديمة يزيد سطح التماسك بين القديمة والجديدة بخلاف الأشبار المثبتة بمونة الإيوكسى . ثم يفرد حديد القاعدة المسلحة أو يوضع أشبار ١٦ م في جوانب القاعدة المسلحة وأعلىها أو يربط الحديد الجديد للقاعدة مع الحديد القديم بطريقة اللحام ، وذلك بعد إزالة الغطاء الخرساني وتنظيف الخرسانة من الفتات بضغط الهواء وتثبيت الأشبار بمونة الإيوكسى .

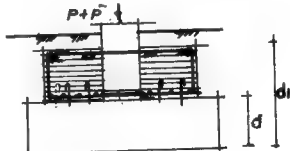
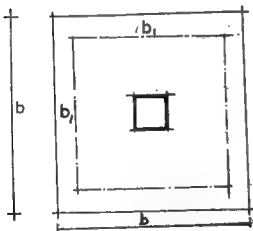
(٣) يتم تركيب الحديد الجديد حسب التصميم المطلوب ، ثم الطرشرة بالمونة السابقة للخرسانة العادية ، ثم يتم الصب بخرسانة بنسبة أميت ٤٠٠ كجم / م^٣ رمل مع استعمال إضافات لتقليل الانكماش ومنع نفاذية المياه وزيادة مقاومة الضغط .

ب (زيادة مساحة القواعد المنفصلة بدون الحفر أسفلها) وهذه الطريقة أقل تكلفة من سابقتها وهذه الطريقة تحدث تلالى عيوب حديثة بالأساسات من الناحية التصميمية ، أو من الناحية التنفيذية ، أو وصول صدأ الحديد إلى مرحلة خطيرة ، أو إضافة أحمال جديدة إلى المنشأ ، أو عند تحويل المبنى إلى نوع آخر من المباني مثل تحويل مبنى سكنى إلى مبنى إدارى أو رياضى ولا بد من الأخذ في الاعتبار أن عمل قميص للقاعدة القديمة سيؤدى إلى تولد قوى قص كبيرة عند اتصال الخرسانة القديمة بالجديدة عندما تهيئ القاعدة المركبة تحت تأثير الحمل الجديد ، ولذلك يجب أن تكون أسطح الاتصال خشنة جداً وتزود بمسامير قص أو أشبار كافية لقتل قوى قص أكبر من تلك الناتجة من حاصل ضرب جهد التربة تحت القاعدة المركبة في مساحة

٤ (بعد فترة من وقت الصب وجفاف الخرسانة يتم عزل الخرسانة ودهانها بالبيتومين أو بأى طريقة عزل أخرى .



- ج) زيادة ارتفاع القاعدة المسلحة في حالة تحمل جهد التربة للأحمال الزائدة أو حقن التربة أسفل القاعدة القديمة :
 لتحقيق هذا الغرض تتبع المراحل الآتية :
 (١) يتم إزالة السطح العلوى وتنظيفه ووضع أساور ربط رأسية مثبتة بالقاعدة القديمة مع زيادة ربط القاعدة الجديدة
 (٢) يتم عمل فتحات في العמוד لدخول الحديد السفلى للقاعدة الجديدة ودهان السطح العلوى للقاعدة القديمة بمادة ربط مثل ما سبق شرحه .
 بالقاعدة الأصلية ليعمل معاً .

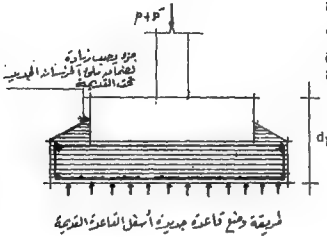


قطاع في قاعدة جديدة تم تثبيتها على قاعدة قديمة

$$\begin{aligned} \text{عرض القاعدة القديم} &= b \\ \text{عرض القاعدة الجديد} &= b_1 \\ \text{الارتفاع القديم} &= d \\ \text{الارتفاع الجديد} &= d_1 \end{aligned}$$

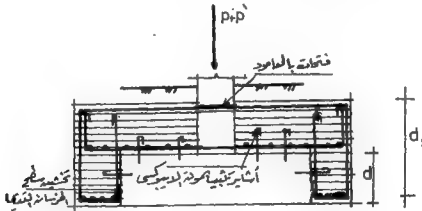
د) زيادة مساحة القاعدة أسفل القاعدة القديمة :

لتحقيق هذا الغرض يتم رفع القاعدة القديمة وعمل قاعدة جديدة أسفل القاعدة القديمة بشرط صب جزء زيادة لضمان التصاق الخرسانة الجديدة بالقديمة ، وقبل ذلك ينظف السطح السفلي القديم بإحدى الطرق السابقة ، ويجب زيادة القاعدة العادية حسب الطريقة للمشروحة سابقاً في البند (ب) .



الإيوكسي .

٣ - يوضع التسليح الجديد حسب التصميم المطلوب بشرط أن يمر السطح السفلي والعلوي غترقاً بالعمود وذلك حسب الشكل التالي :



طريقة في قاعدة زادت ارتفاعها

ب) يتم زرع أشرطة بالقواعد المسلحة وتكون ذات جنشات لترابط التسليح الجديد السفلي للبتشة بهذه الأشرطة المثبتة بمونة الإيوكسي ، كما يراعى تحريم الأعمدة في الضلع الأصغر منها لتمرير الحديد الجديد للطبقة العليا في هذه الحجوم مع تخشين سطح القواعد القديمة والأعمدة ، ويستحسن لحام الأشرطة مع الحديد الجديد ، ويتم النظافة بإحدى الطرق السابق شرحها . ج) يتم دهان الخرسانة بالإيوكسي اللاص للخرسانة أو الطروشة بطبقة سميكة من مونة بها مواد رابطة بلومرية ، ويتم صب الخرسانة بنسبة ٤٠٠ كجم / م^٣ رمل مع إضافات تقليل الانكماش ومنع النفاذية وتزاد مقاومة الانضغاط . د) يجب التنبيه إلى ضرورة العزل وعمل الحماية الكاملين للخرسانة بعد إتمام التقوية .

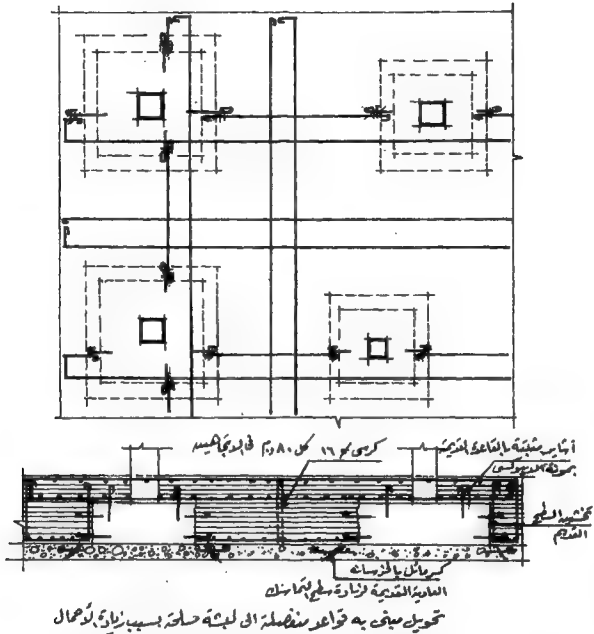
هـ) زيادة مساحة القاعدة وارتفاعها :

لتحقيق هذا الغرض يتم زيادة القاعدة بالطريقة الآتية :
١ - تزداد القاعدة العادية كما شرح في البند (ب) .
٢ - تخشين جيد في السطح القديم وتثبيت أشرطة بمونة

٤) تقوية الأساسات بتحويل القواعد المنفصلة إلى لبشة :

لتحويل القواعد المنفصلة إلى لبشة مسلحة يجب اتباع الآتي :

أ) الحفر أولاً حول القواعد الخرسانية العادية السابقة وتكسيرها من الأطراف لعمل ميول في الخرسانة العادية ، وذلك لزيادة سطح التماسك بين الخرسانة القديمة والجديدة ، ثم يتم عمل خروم في الخرسانة العادية وتثبيت أشرطة بمونة الإيوكسي ، ثم التنظيف جيداً بضغط الهواء أو بملف الرمل ، ثم يتم عمل طروشة بمونة غنية بالأسمنت مع مادة رابطة ، ويجب أن تكون كمية الطروشة لا تقل عن ١,٥ سم لتساعد الفجوات التي بالخرسانة القديمة على التداخل وتغليف الزلط بالمونة ، ثم يتم صب الخرسانة العادية .

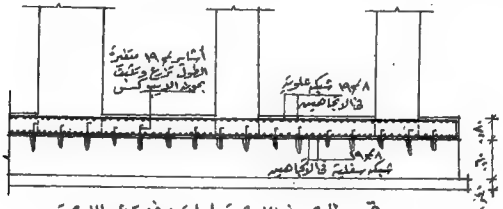


ملحوظة : في حالة تحويل ربط قاعدتين منفصلتين إلى قاعدة واحدة جمع الأسلوب الذي تم سابقاً لتحويل عدة قواعد منفصلة إلى قاعدة شريطية .

بسمك ٤٠ سم تتركز عليها لبشة من الخرسانة المسلحة بسمك ٦٠ سم وأثناء التنفيذ أضيفت ٥ طوابق ليصير عدد الأدوار ٢٠ بدلاً من ١٥ دور ، وبعد الدراسة اتضح عدم أمان الأساسات المنفصلة ، ويحتاج إلى تدعيم ، وتم الإصلاح بالطريقة الآتية : تم حساب سمك وتسليح الجزء الإضافي المطلوب إضافته لللبشة ، وبناء على ذلك تم تحشين السطح العلوي لللبشة الخرسانية القديمة ، وتم زرع أشجار في اللبشة القديمة مثبتة بمونة الإيبوكسي ، وذلك لربط الخرسانة القديمة بالخرسانة الجديدة ،

٥ (تقوية الأساسات بزيادة سمك اللبشة : في حالة الرغبة في تعويض النقص الناشئ في مساحة صلب التسليح نتيجة الصداد أو في حالة الرغبة في زيادة أدوار بخلاف الأدوار التي تم التصميم عليها فإنه يمكن إضافة طبقة جديدة أعلى اللبشة المسلحة لزيادة العمق ، وهناك مثال تم تنفيذه بمدينة القاهرة . تم تصميم برج سكني بمدينة القاهرة على أن يتكون من ١٥ طابق ، وكان الأساس عبارة عن فرشة من الخرسانة العادية

ووجد أن اللازم زيادته لهذا السمك هو إضافة ٨٠ سم كليشة ٢٠/١٩/٨ في الاتجاهين ، بالإضافة إلى أنه تم تدعيم أعمدة الدور مستجيده فوق اللبشة القديمة بتسليح شبكتين سفلية وعلوية الأرضى وعمل قمصان لها .



قطاع في اللبشة المأخوذة يوضح تدعيم اللبشة

٦) مثال لبني مسجد لا يتحمل سوى دور واحد والمراد زيادة خمسة أدوار فوله :

هذا البني بمدينة نصر وهو عبارة عن مسجد لإحدى الجمعيات الخيرية الخاصة ، وقد فكروا بأن يستفيدوا بتعليه خمسة أدوار فوق هذا المسجد لاستعماله عيادة ومستشفى ، علماً بأن السقف الموجود بهذا المسجد لم يصعب سقفه حسب المواصفات ، وبه ترخيص ظاهر في البلاطات وبدراسة هذا البني تبين الآتي :

(١) المسافة بين الأعمدة من المحور إلى المحور ٥ م ٥٠٥ م والارتفاع ٥ م من أرضية المسجد ، وأن القواعد الخرسانية العادية بسمك ٣٠ سم وتزيد عن الخرسانة المسلحة بمقدار ٢٠ سم من جميع الجهات ، وأن أكبر قاعدة مسلحة - ١٠ × ١٠ - بارتفاع ٣٠ سم وتسليح ٥ ϕ ١٣ في الاتجاهين ، ولم توجد ميدان إلا في الدائر الخارجى الذى ينشأ عليه الحوائط المبنية من الطوب الأحمر بعرض ١٢ سم ، وأن طبيعة الأرض رملية ، وتم عمل جسة يدوية ، ووجد أن الرمل يستمر حتى عمق الجسة ، وكان عمقها خمسة أمتار ، ووجد عمق الحفر للأساسات ١٠ م ٢ وأن المسجد كان مرتفعاً عن منسوب الأرض الطبيعية ١٠ م ٢٠ .

(٢) الأعمدة الداخلية جميعها ٣٠ × ٣٠ ، والخارجية ٣٠ × ٢٥ والجميع بتسليح ٤ ϕ ١٣ .

(٣) تسليح البلاطات ٥ ϕ ٨ في الاتجاهين وبسمك لا يزيد عن ٦ سم والسطح به طبقة عازلة دهان يتوأمين وفوقه بلاط أحتمى ، والظاهر في هذا السقف عندما تقف عليه يتأثر بأى هزة وبأى صلصة بسيطة .

(٤) الكمرات بسقوط ٣٠ سم وبعرض ٢٥ سم بتسليح سفلى ٤ ϕ ١٣ وعلوى ٢ ϕ ١٠ .

أولاً : الأساسات :

بالحساب وجد أن الأعمدة الداخلية حسب الرسومات الجندية تتحمل جوالاً ١٧٠ طن والأعمدة الخارجية جوالاً ١٥٠ طن ، وأن جهد التربة يتحمل ١٥ طن / ٢ م ، ووجد أن القواعد المسلحة ٣٠ × ٣٠ × ١٠ بارتفاع ٩٠ سم وتسليح ٣ ϕ ٣٠ .

٣ ϕ ٣٠ أصبح كافياً ، وقد أخذ في الاعتبار أن طبقة الخرسانة العادية لا تعمل كخرسانة عادية تتحمل أحمال ، ولكن اعتبرت طبقة نفاذة فقط ، وتم التنفيذ بالخطوات التالية :

(١) تم الحفر حول القواعد حتى الطبقة السفلية للقواعد العادية ، وتم تكسير طبقة الخرسانة العادية بميل ، وتم نفاذة الخرسانة العلوية والمسلحة ، ونحش جميع الأسطح الظاهرة من الخرسانة العادية والمسلحة بطريقة التنفير .

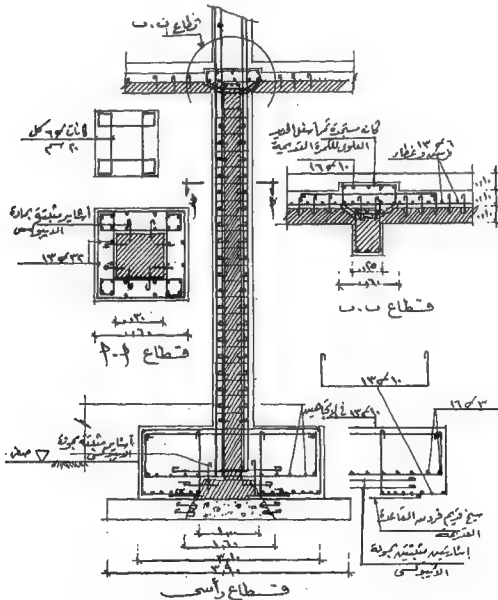
(٢) تم التخريم في الخرسانة العادية والمسلحة بخروم تصل إلى عمق ٢٠ سم بحيث يكون هناك صفين من التخريم أحدهما في الخرسانة العلوية ، وثانيهما في الخرسانة المسلحة كل ٣٠ سم ، وتم تخريم الطبقة العليا للخرسانة المسلحة أيضاً كل ٣٠ سم ، ثم تم تنظيف هذه الأخرام بضغط الهواء ثم وضعت مادة

ليوكسية ضعيفة الزوجة لفصيل الأخرام ، ثم ملئت هذه الأخرام بمونة الإيوكسى ، ثم وضعت الأشعار من الحديد بقطر

رابطة Bonding agent لزيادة قوة الالتصاق ولحام الخرسانة القديمة بالجديدة ، ومن فوائد طبقة المونة لتستقبل الزلزال المنفصل من الخرسانة الجديدة وملء أى فراغ بالخرسانة القديمة ، ثم يتم الصب بالزلزال القوي مع الدمك جيداً بنسب خرسانة ٨، ١٠، ٢٠ زلط: ٤، ٢، ١ رمل إلى ٣٥٠ كجم/أسمنت ، وبعد صب الخرسانة بسبعة أيام تم دهان كل الظاهر من الخرسانة المسلحة والعادية والميدات بثلاث طبقات من البيروبلاست ، ثم تم الردم حول الأساسات على طبقات ، كل طبقة ٢٥ سم مع الدمك بالمندالة والماء ثم تم عمل ميزانية للأرضية الخرسانية للمسجد بندق أوتاد تعلو الردم بقدار ١٥ سم ، وتم صب الخرسانة العادية بسبك ١٥ سم ، وبهذا نكون قد انتهينا من الأساسات .

١٣ تم وجنشة من الطرف الخارجى ، ثم بدأ يصب طبقة الخرسانة العادية بزيادة ٤٠ سم وذلك أى ٣، ٩، ١٠، ٢٠، ٣٠ وذلك بعد طرشة الخرسانة القديمة بمونة الجيرال بوند ، وتم صب خرسانة عادية بسبك ١٠ سم تحت الميدات الرابطة المستعجلة ، ثم تم صندقة الجوانب بالخشب للميدات والقواعد المسلحة بحيث ظهور بطن الميدات مستوى واحد ، ثم تم وضع أشر الأعمدة وتوزيعها بكافة عيون لحفظ المسافات .

ب) بعد هذه العملية حصل قنات من الخرسانة فتم التنظيف بالكامل بضغط هواء ، ثم تم دهان الطبقة الظاهرة من الخرسانة المسلحة بدهان إيبوكسى رابط بين الخرسانة القديمة والجديدة ، ثم وضع طبقة من المونة بسبك ٢ سم مضافاً إلى مواد بولمية



في القاعة والمأمور والعقن بيمين ريل الطاعان الكبير بالطاعان القديمة (المرشدة)

ثانياً : الأعمدة :

بعد حساب الأحمال الجديدة وجد أن قطاع العمود يجب أن يكون 60×60 سم ، وتسلح $32 \phi 13$ ، ويتم تفريد الحديد على صفيين وعمل كانتات داخلية وخارجية ، وتم التنفيذ كالآتي :

(١) صلب السقف والكمرات بعروق خشبية ونظراً لحفة بلاطة السقف تم رفعها في مستوى أفقي بقدر الإمكان ، وتم تكسير حول الأعمدة في البلاطة بأبعاد 60×60 سم كأبعاد العمود ، ولم تمس الكمرات إطلاقاً ، وهذا التكسير يفيدنا في ظهور أضرار أعلا السقف بمقدار 50 مرة قطر السيخ ، وتساعدنا في صب الخلطة الأخيرة من الأعمدة .

(٢) تم تكسير البياض القديم ونظافة سطح الخرسانة بالفرشة السلك وتخشين السطح جيداً وتم تقويم العمود كل 50 سم في الارتفاع وبواقع خرمين في كل جنب من الأجناب والخروم بعمق 15 سم ، والمظاهر منها 12 سم ، وبحجشة من الطرف المظهر والخروم بقطر 19 مم ، والأسياخ التي ستثبت كأشعار بقطر 13 مم ، وبعد التخرم تم تنظيف الخروم بضغوط الهواء ، وتم وضع مادة إيوكسي قليلة اللزوجة لتنظيف الخروم بحيث تصل إلى أي منطقة داخلية تم فيها التخرم ، وتم ملء الخروم بمونة الإيوكسي (الرمل والإيوكسي فقط) ، وتم زرع الأشعار ، وتم وضع التسليح وتربيطه .

(٣) تم تجليد العمود من جنب واحد بارتفاع العمود والثلاثة أجناب ، تم تجليد $1,10$ سم فقط حيث سيصب هذا العمود على ثلاث حطات ، كل حطة $1,10$ سم ، وقبل الصب تم طرطشة العمود بمونة بنسبة عالية من الأسمنت مع إضافة مواد رابطة بلومرية .

(٤) تم تجهيز مونة صب الخرسانة ومكونة من $2,8$ زلط فولى : 4 م^٣ زمل إلى 400 كجم أسمنت مع إضافة مواد زيادة سيولة الخرسانة وزيادة الإجهاد ، وفي الخلطة الأخيرة تم الصب من الأربعة ضحات التي بالسقف ، وتم الدمك جيداً من الداخل ومن الخارج بالمزازات الخارجية (هزاز شدة) وروعي لحفظ مسافة التجليد تثبيت بلوكات خرسانية 4 سم \times 15 سم \times 15 سم وشحطها بين الخشب والخرسانة القديمة ، وبهذا نضمن بأن العمود لم يحدث به تعشيش أو خلل . وبهذا نكون قد انتهينا من الأعمدة .

ثالثاً : الكمرات والبلاطات :

تم صلب السقف جيداً قبل البدء في أي عمل وحتى قبل صب الأعمدة كما سبق شرحه ، وقد تمت الدراسة قبل الترميم لهذا السقف ، إما أن يتم من أسفل وهو وضع شبكة من الحديد

أسفل السقف وتثبيتها وزيادة ارتفاع السقف من أسفل ، وبالتالي زيادة الكمرات بوضع حديد في منطقة الشد ، ولكن نظراً للمطالب الإنشائية المطلوبة مستقبلاً لتقسيم حجرات أو حجرة عمليات وعليه كان تنفيذ السقف من أسفل لا يفي بهذه الأغراض ، هذا بالإضافة لأن تصلح السقف من أسفل سيتكلف الكثير في إعادة رسم الزخارف الموجودة بالسقف وخلافه ، وتمت خطوات التنفيذ كالآتي :

(٢) تم تقويم البلاطة الخاصة بالسقف بأخرام بعمق 5 سم وبقطر 13 مم وتم تثبيت أضرار بمونة الإيوكسي بقطر 8 مم ، وهذه الأخرام بمسافات لا تزيد عن 40×40 سم ، وتم تقويم الكمرات من أعلا بعمق 25 سم وبقطر 19 مم ، وهذه الأخرام على بعد 10 سم من حافة الكمرات بوضع تبادل على الجانبين كل 40 سم بالإضافة لإظهار الحديد العلوي للكمرات وعمل خروم تحت الأسياخ العلوية لإدخال كانة الكمرات المستجدة والتي ستصبح كمرات مقلوبة بالنسبة للكمرات الساقطة القديمة ، وهذه الكانات كل 20 سم وبقطر 8 مم .

(١) تم نزع البلاط الخاص بالأسطح وطبقة الدهان العازلة من البيوتين ، وتم تنظيف السطح تنظيفاً جيداً .

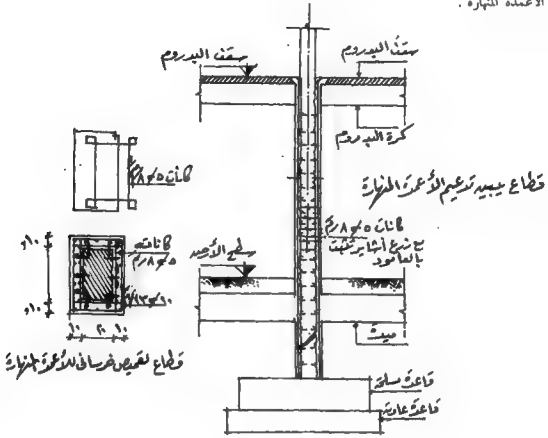
(٣) تم حساب البلاطات ووجد أن ارتفاع البلاطة يساوي 10 سم وتسلح $6 \phi 13$ في الاتجاهين ، وتم حساب الكمرات المدفونة فوجد أن ارتفاع الكمرات 15 سم وتسلح سفلى وعلوى $10 \phi 16$ وبعرض 60 سم .

(٤) تم تنظيف السقف جيداً ونظفت أماكن الخروم بالضغوط الهوائية ، تم عمل طبقة من سائل الإيوكسي قليل اللزوجة لتسهيل هذه الأخرام ، ثم تم وضع مونة الإيوكسي تملأ الخروم السابق ذكرها ، ثم وضعت الأشعار حسب الأقطار السابقة .

(٥) تم رص الحديد وتم تحضير زلط لا يزيد قطره $1,5$ سم وتم عمل خلطة 8 م^٣ زلط : 4 م^٣ رمل : 400 كجم أسمنت .

(٦) من المعروف رغم وضع الأشعار للسقف القديم أن هذه الأشعار لا تكفي لربط السقف القديم بالجديد كي يمثلا كبلاطة واحدة فكان لا بد من وضع طبقة لحام من الإيوكسي المخلوط بالأسمنت قبل الصب مباشرة بربع ساعة ، وكان لا بد من التنظيف مرحلة مرحلة بالضغوط الهوائية ودهان الإيوكسي مرحلة مرحلة أمام الصب حتى نضمن بأن البلاطة القديمة والجديدة والكمرات القديمة والجديدة ستعملان كوحدة واحدة ، أما عن الكمرات التي بالداير الخارجية فعملت كمرات مقلوبة عادية بارتفاع 50 سم وتسلح $4 \phi 16$ ساطق منهم $2 \phi 16$ عدل ، $2 \phi 16$ مكسح وتسلح علوى $2 \phi 10$ مم وكانت كل 20 سم وبهذا نكون قد انتهينا من السقف إجمالاً ، وتم فك

(أ) تنفيذ قمصان من الخرسانة المسلحة لأعمدة البيروم ذات الرقاب المكسورة وبين الشكل التالي قطاعاً نموذجياً لطريقة تدعيم الأعمدة المنهارة .



مسار النفق لمواد الحقن ووجد أنه يمكن بالحقن الوصول إلى معامل نفاذية 10^{-10} أقل من ذلك أو في حالة الرطوبة في زيادة قدرة الأساسات القائمة على تحمل أحمال جديدة عندما تكون قدرة التربة بالحقن قد تكون أقل تكلفة من زيادة مساحة القاعدة أو إضافة قاعدة أكبر عنها .

وفي حالة حقن التربة يجب أن يصل الحقن إلى عمق كاف تحت القاعدة الأصلية بحيث يحقق انتشار الحمل لمنع حدوث إجهاد زائد أسفل الطبقة التي تم حقنها ففي حالة قاعدة $3,50 \times 3,50$ م مثلاً فإن الحقن لعمق ١,٧٥ متر يؤدي إلى أن يصبح الإجهاد على التربة أسفل الطبقة العازلة التي تم حقنها أقل من نصف الإجهاد تحت القاعدة الأصلية .

ويجب أن تكون التربة المراد حقنها مسامية بدرجة كافية لتقبل الحقن والأخذ في الاعتبار الميوط الكلي حيث إن الميوط دالة في الحمل الكلي وليس دالة في الإجهاد على التربة السطحية .

حقن التربة بالأصمغ :

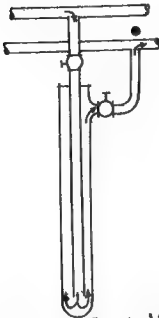
يلجأ لهذه الطريقة على الأخص إذا كانت تربة الموقع صخرية

(ب) علاج الشروخ بالحوائط الداخلية والواجهات باستخدام المواد الأيوكسية لماء الشروخ وكثافات حديدية عمودية على الشروخ .

ثانياً : تم مراقبة المبني على مدى الأربع سنوات الأخيرة بعد إتمام عملية التدعيم والتي استمرت سنة كاملة ولم يلاحظ حدوث أى شروخ في أى مكان بالمبني مما يدل على نجاح طريقة الإصلاح والتي يمكن استعمالها في حالات مماثلة .

(أ) حقن التربة :

حقن التربة يستعمل في تقوية التربة لزيادة قدرتها على الأحمال وفي حالة نزح المياه عندما تكون التربة مسامية للدرجة تجعل عملية النزح صعبة جداً ، وأحسن مثال لهذا نفق القاهرة تم حفره بمادة البنتونيت أو مواد عازلة أو بالطين في بعض الأحيان بعمق حوالي مترين أسفل قاع النفق لتكوين كتلة عازلة تكون منها ومع حوائط النفق صندوق معزول ويتم بعدها سحب المياه الجوفية الموجودة بالتربة داخل هذا الصندوق وقد أجريت تجارب كثيرة في مصر وفرنسا على مدى قبول الطبقات الرملية الموجودة في



نظام الترميم الهوائي لجهاز التجميد للهيدرو-بوتش Poetch

ذات شقوق وتتلخص هذه العملية في حقن التربة بمونة الأسمنت تحت ضغط .

وفائدة هذه الطريقة هي عزل المنشآت المشيدة بالحجارة السامية لإيقاف تسرب الماء إليها كما يستفاد منها في ملء الفراغ بين التربة وحوائط المنشآت تحت الأرض وأخيراً يفيد الحقن في تثبيت وتقوية الحوازيق الخرسانية المدقوقة في التربة المشبعة بالماء .

تم عملية الحقن بالأسمنت بواسطة أجهزة الخلط الحافطة والتي يمكن تحريكها في مكان العمل هذه الأجهزة تتكون من وعاء مغلق ذا جسم أسطواني وذو قاع مخروطي مغلق بسداد محكم يبدأ العمل بخلط مواد الخلطة وهي الأسمنت والرمل والماء فيالسماح للهواء المضغوط بالدخول في الجزء السفلي من المخروط يحدث خلط وتقليب قوى وسريع لمواد الخلطة ويفلق بعد ذلك السداد المحكم ثم يبدأ في عملية حقن التربة التي تستقبل بضغط هواء أو ماء في الشقوق المراد حقنها ويتم بعد ذلك عملية الحقن بالمون تحت ضغط الهواء المضغوط بقوة زائدة .

٩) تجمد التربة :

هذه طريقة أخرى لتجنب مياه التربة إذا ما أريد العمل في محيط جاف ، أخذت هذه الطريقة عن المهندس الألماني poetch وطبقت في تفويض آبار المناجم بين طبقات الماء الجوى ، وفكرة هذه الطريقة تنحصر في إمكان تحقيق نوع من السدود يحل الثلج

فيه محل الستائر المعدنية على هذا الأساس ، خصت الطريقة بإحاطة الأرض الواجب حفرها بحلقة من الأرض المجمدة ذات سمك كافٍ للاحتواء بها حتى يمكن تنفيذ الحفر وبناء الحوائط العازلة ونحصل على التجميد بإمرار محلول من كلوريد الكالسيوم مبرد بالنشادر في أنابيب ذات ثقوب . هذا المحلول مبرد إلى درجة ٢٠ درجة مئوية فإذا ما كانت هذه الأنابيب قريبة من بعضها للدرجة كافية فإن التربة تتجمد حول كل أنبوبة مكونة في مجموعها حلقة مستمرة صلبة .

ولتنفيذ هذه الطريقة تعمل ثقوب في الأرض قطرها من ٢٠ إلى ٢٥ سم تنزل في كل منها حتى القاع أنبوبة بقطر ١٠ سم مقفولة في نهايتها السفلية وتحتوي هذه الأنبوبة على أنبوبة أخرى بقطر ٣,٥ سم مفتوحة في جزئها الأسفل ويضبط المحلول في الأنبوبة الضيقة المركزية يصعد الحيز الحلقى المحصور بين الأنبويتين كما هو موضح بالشكل التالى .

يوضع في هذه الأجهزة (بالاستعانة بطلمية) سائلاً غير قابل للتجمد تتفاوت درجة حرارته من ١٥ إلى ٢٠ تحت الصفر . وتتصل الأنابيب الداخلية بمواسير توزيع كما تتصل الأنابيب الخارجية بالوعة جامعة للماء ، إن !! سائل يتحرك من أعلى إلى أسفل في الأسطوانة الموجودة بالوسط كما يتحرك من أسفل إلى أعلى في الفراغ المحصور بين الأنبويتين ملاصقاً لتربة الأرض مما يؤدي إلى تبريدها وبالتالي تجميدها . إن الاستهلاك هنا عبارة عن ٢٥٠ وحدة تبريد لكل متر مربع واحد في المسطح الخارجى للأنبوبة الكبيرة في الساعة الواحدة .

وقد أوضحت التجارب أن طرق تجمد التربة لا تنجح في الأرض التي يمر فيها تيار مائى لأن مثل هذه التيارات تمنع كل تجمد فقد جربت تجميد كتلة التربة كلها عند إنشاء نفق مترو باريس بمحاذاة شاطئ نهر السين عند منطقة سان ميشيل لم تنجح هذه التجربة لأن المدة اللازمة لتجميد كتلة التربة استلزمت وقتاً طويلاً للدرجة أن بعض كتل من الأرض بعد تجميدها تفككت نتيجة لضغط الماء وتسربه إلى منطقة العمل مما اضطر القائمين بالأمر إلى نزحه بالطرق العادية .

وعلى أية حال فإن طريقة تجمد التربة شاقة للغاية ولا يسمح بها إلا في بعض الحالات الخاصة لأن تنظيم الأجهزة المستعملة حساس للغاية ، فالتشغيل يجب أن يكون مستمراً لأن انقطاع العمل لفترات صغيرة يسبب غرق مكان العمل بالماء مما قد يسبب خسائر فادحة .

وحمل التشغيل للخازوق ٧٠ طن . ونظراً للعمل تحت ظروف الارتفاع المحدود للدور الأرضي فقد تم تقسيم تقوية حديد التسليح للخازوق إلى ٣ أجزاء كل منها بطول ٤,٧٥ متر يتم وضع كل منهم داخل الخازوق ثم يلحم الجزء التالي وقد تم عمل برنامج حفر الخوازيق بحيث لا يحفر أكثر من خازوق بجوار قاعدة ما في اليوم الواحد لتفادي حدوث هبوط القاعدة نتيجة الحفر . ثم بعد ذلك تم ربط الخوازيق بلبشة جاسئة من الحرسنة المسلحة ، وهذه اللبشة يرتفع قاعها بمقدار ١٠٠ ملليمتر فوق منسوب سطح الأساسات القديمة (القواعد) وقد مُلئ هذا الفراغ بالرمل لتفادي وصل أى أحمال من اللبشة إلى القواعد القديمة عن طريق التماس المباشر .

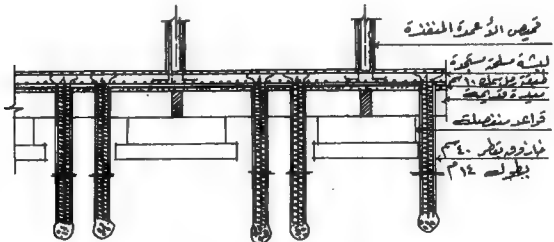
ثم تنفيذ قمصان من الحرسنة المسلحة لأعمدة الدور الأرضي لنقل أحمال هذه الأعمدة إلى اللبشة المسلحة كما نفذت قمصان لعلاج بعض الأعمدة التي تجاوزت الإجهادات بها القيمة المسموح بها .^٩ يبين الشكل التالي قطاعاً يوضح وضع الخوازيق واللبشة المسلحة بالنسبة للقواعد القديمة .

تم رصد هبوط المبنى لفترة كبيرة بعد تنفيذ الإصلاح وبعد وضع أحمال إضافية تناظر الحمل الموقع حيث لم يحدث أى هبوط وقد سمح بعد ذلك باستخدام المبنى منذ يناير ١٩٨٧ م .

مثال لمبنى به قواعد منفصلة وتم زيادة أساسات خازوقية جديدة :

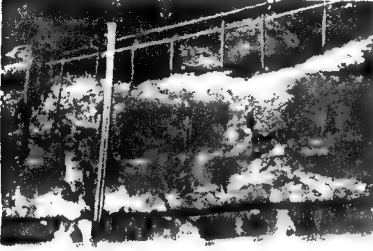
في حالة ما إذا أريد تعلية مبنى بطوابق زيادة بخلاف الأتوار المصمم عليها وكانت الأساسات لهذا المبنى قواعد منفصلة وكان المبنى مصمماً على خمسة أدوار والمراد تعليته إلى إحدى عشر دوراً علماً بأن الجهد أسفل هذه القواعد لا يتحمل أحمال أكثر من هذا حيث زيادة الجهد أسفل القواعد أكبر بدرجة كبيرة عن الجهد المسموح به للتربة ولا يصلح حقن التربة خاصة مع وجود طبقة من الردم في هذه المنطقة ، وقد تصرف الأستاذ الإنشائي الذي قام بهذه العملية بالخطوات التالية :

استبعدت طرق الإصلاح التقليدية التي تعتمد على تقوية التربة ومثل طريقة حقن التربة نظراً لأن أساسات القواعد المتصلة نفسها غير قادرة على تحمل الأحمال الواقعة عليها بآمان وتم تصميم حل تقليدي يعتمد على إحمال الأساسات الأصلية (القواعد) وتنفيذ أساسات جديدة تتكون من خوازيق منفذة بالحفر في الفراغات الموجودة بين القواعد ، ولتحقيق هذا الغرض تم تصنيع معدات حفر خاصة الارتفاع حتى يمكن من العمل بداخل الدور الأرضي للمبنى والخوازيق المنفذة كانت بقطر ٤٠٠ سم وكل منها مسلح بعدة أسياخ بقطر ١٦ ملليمتر وكانة حلزونية قطر ٨ ملليمتر وخطوة ١٠٠ ملليمتر والخوازيق ١٤ متر من سطح الأرض حيث تركز على طبقة من الرمل الكثيف



قطاع يبين وضع الخوازيق واللبشة المسلحة بالنسبة للقواعد القديمة

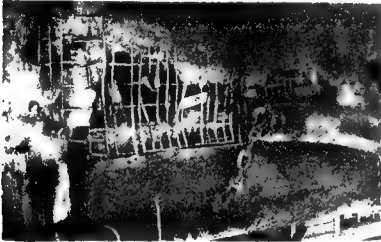
مجموعة الأعمدة والحوائط التي تأثرت للبلل والجفاف سواء بماء عذب أو مياه البحر



حائط خرساني تعرض للبلل والجفاف بماء البحر

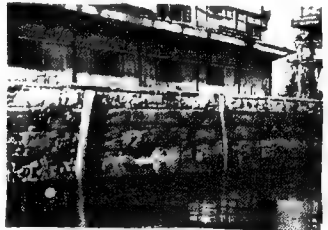


شكل بين خازوق من الخرسانة المسلحة
تعرض للجفاف والبلل فحصل
التصدع وبالتالي صدأ الحديد



حائط خرساني تعرض للبلل والجفاف ولم تتخذ
له الاحتياطات اللازمة لحمايته من المواد الكبريتية

مينى تعرض للبلل والجفاف بمياه عذبة
ولم يتم له الحماية نتيجة المد والجزر

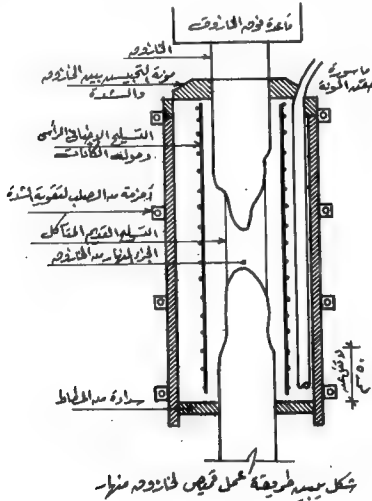


القمصان :

طوال العام أما الجزء الأسفل من الخازوق فدائماً مغمور بالماء دائماً فلا تتعرض لصدأ الحديد .

أما الشدات الدائمة فتستخدم في إصلاح الخوازيق المدفونة في الأرض حيث إن هذه الشدات دائماً معدنية وقد يصعب عمل الشدة المؤقتة تحت الماء ، وقد يمكن حل هذه المشكلة الصعبة بدق الشدة المعدنية ثم إزالة التربة داخلها لصب الخرسانة ، ويجب استعمال قطع من المطاط لسد الشدة من أسفل لكيلا تفقد الخرسانة في التربة كما يستعمل قطع خشبية لحفظ المسافة بين الشدة وبين الخازوق ويستحسن بعد الصب بسبعة أيام يزال القميص وفك الشدة لفحص الخرسانة للتأكد من عدم وجود تعشيش ثم أخذ عينات القلب الخرساني لتحديد قوة الخرسانة .

من المعروف أن الأساسات الخازوقية قد تتعرض إلى ظروف غاية في الصعوبة من حيث المياه الجوفية أو مياه الأنهار أو البحار كما في خوازيق الكبارى وعمل القمصان الخرسانية للخوازيق يتم بزيادة القطاع للخازوق ووضع حديد تسليح جديد مدهون بالأبيوكسى ثم صب خرسانة القميص المضاف إليه مواد منع النفاذية وزيادة سيولة الخرسانة وتستخدم لعمل القمصان شدات من الخشب أو الحديد المطروق أو الصلب وقد تكون هذه الشدات مؤقتة أو دائمة فالشدات المؤقتة تستعمل في إصلاح الخوازيق البحرية ودعامات الكبارى حيث تكون الجزء المحتاج للإصلاح فوق سطح القاع في المنطقة بين مستوى المياه المرتفع والمنخفض حيث إن هذه المنطقة هي التي تتعرض للبلل والجفاف



آثار الرطوبة - الطبقات العازلة للحرارة والرطوبة - تخفيض مياه الرشح

الباب المسابع

ينقسم هذا الباب إلى ثلاثة فصول :

أولاً : آثار الرطوبة في إحداث تصدعات المائي وطرق الصائل معها .

ثانياً : الطبقات العازلة للحرارة والرطوبة .

ثالثاً : تخفيض مياه الرشح وحماية الأساسات .

الفصل الأول

آثار الرطوبة في إحداث تصدعات المائي وطرق الصائل معها .

تؤدي الرطوبة النافذة ضمن مواد البناء إلى تأكلها وصداً وانتفاخ أسياخ الحديد وتفاعلات كيميائية تنتج عن الأملاح التي تحملها المياه من التربة ومجموعة من التغيرات الحرارية التي تؤدي لتغير الحالات الإجهادية في العناصر الإنشائية وهذا يؤدي إلى تحركات نسبية فيها مجموعة هذه الأمور قد تؤدي لتصدع المنشأ . تأتي مصادر الرطوبة الأساسية إما من الرشح من تمديدات المبنى المختلفة (مياه شرب - صرف صحي - أمطار) وإما نتيجة لمطول الأمطار وإما نتيجة رشح المياه الجوفية وإما للرطوبة الصاعدة بالخاصة الشعرية وظاهرة الانتشار ، وستعرض لبعض الأسباب والحلول لتلاشي هذه الأسباب وتتنوع مصادر الرطوبة في الآتي :-

١ (رشح ناتج عن تهريب التمديدات الصحية) شبكات مياه شرب - صرف صحي - أمطار) .

٢ (رشح ناتج عن تغلغل المياه الجوفية عندما تكون مناسيبها مرتفعة .

٣ (رشح ناتج عن المطولات المطرية (rain falls) مطر - تلج - صقيع) .

٤ (رشح ناتج عن صعود الماء الجوى بالخاصة الشعرية نتيجة للضغط المسامي (capillary action) وعملية الانتشار (Diffusion) .

- دراسة لكل نوع من أنواع الرطوبة :

قبل المضي في اختيار علاج ما لبني أصابه آثار الرطوبة لا بد من تحديد سبب المشكلة بدقة ، إذ أنه لكل حالة العلاج لأنسب بها وللتدليل على أهمية ذلك تعطى الأمثلة التالية :

أ) لا جدوى من عزل سقف المبنى ، إذا كانت الرطوبة ناتجة عن تهريب أنابيب صرف الأمطار ، بل ذلك ربما يزيد المشكلة وإنما يجب سد مكان التهريب .

ب) إذا اجتلت لشخص ما ثيابه بسبب الأمطار فلا فائدة من وضع واق من البلاستيك فوق ثيابه المبتلة بشدة لأن ذلك سيمتص المياه التي دخلت مسبقاً من التبخر ، وهذا سيؤدي لزيادة المشكلة لا إلى حلها وعلى نفس المنوال فمن الخطأ الشديد التذكر بعزل السطوح الخارجية لمبنى ما بوضع مواد عزل عليها إذا كانت مشكلة الرطوبة تأتي من رشح الماء من التربة بل إن ذلك سيقيد المشكلة لأن المياه الداخلة لن تتمكن من التبخر من خلال السطوح الخارجية للبناء ، لذلك نقول بأن مسألة عزل السطوح الخارجية للجدران ليست صحيحة على الدوام بل يجب معرفة سبب الرطوبة ومعالجته بالشكل المناسب ونوصي بعدم بحث مسألة دهان سطوح الجدران الخارجية لأنها ستبخر بشكل طبيعي إلا إذا نفذت آثار الرطوبة إلى سطوح الجدران الداخلية .

وستتكمّل فيما يلي على كل نوع من الأنواع المذكورة أعلاه بالتفصيل :

١ (الرشح الناتج عن تهريب التمديدات الصحية :

يمكن أن تأتي الرطوبة نتيجة لتهريب التمديدات الواقعة داخل أو خارج المبنى والتي يمكن أن تكون :

١) شبكات المياه المضغوطة (مياه الشرب) .

٢) شبكات مياه الصرف الصحي .

٣) شبكات تصريف مياه الأمطار (أو النوازل المطرية) .

ويكفي قليل من المنطق على العموم للحكم إن كان الرشح ناتجاً عن إحدى هذه الأنواع ذلك عندما تظهر آثار الرطوبة بجوار الأنابيب بشكل لا ترتبط معه مباشرة بالأحوال الجوية السائدة ، وللتأكد من مصدر الرشح يمكن إغلاق طرفي الأنبوبة

المشكوك فيها إذا كانت الشبكة ظاهرة فإذا انقطعت الآثار فهي قطعاً من هذه الأنبوبة أما إذا كانت الشبكة ضمن الجدار فتتضح

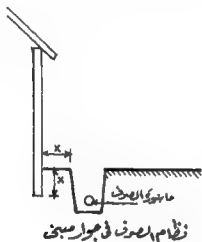
تعليم مسار الأنابيب المراقبة لفترة للحكم إذا كان التهريب ناتجاً عنها .

٣) الرشح الناتج عن المياه الجوفية :

التشقق والاهتزاز والصقيع ومقاومة الكيماويات في حال وجودها وثبات تركيب مادة العزل مع الزمن ... إلخ .

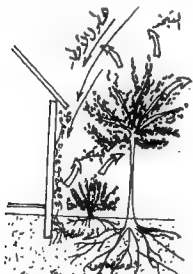
ب) الصرف : **Drainage**

يستخدم عندما تكون التربة كمية وبينى نظام الصرف حتى لا تكتنز المياه ضمن قاعدة البناء . ويتضمن هذا النظام تمديد شبكة من الأنابيب البلاستيكية لصرف المياه بعيداً عن المبنى إلى أقرب تربة نفوذة (رمال أو حصي) وإذا لم توجد هذه التربة يمكن جر المياه إلى بحر التصريف ومن ثم ضخ المياه خارجاً من هذه البئر . كما في الشكل التالى .



ج) دور الأشجار :

تساهم الأشجار والنباتات المغروسة بالقرب من الجدران للمبنى ليس فقط بتشكيل دور حاجز حماية لها من الأمطار وإنما تلعب دوراً بقيقاً جداً عندما تمتص جذورها الماء المختزن في التربة وتضخه خارجاً عبر أوراقها بفعل التبخر كما في الشكل التالى .



تلعب الأشجار والنباتات دوراً هاماً في حماية المباني من الرطوبة

من أهم مشاكل أبنتينا عندما تقع في مناطق ذات مياه جوفية سطحية (قليلة العمق) ويحدث ذلك من انغمار التربة في موقع البناء بالماء سواء بشكل مستمر لوجودها أمام مجرى مائى دائم (نهر - بحر) أو بشكل متقطع نتيجة لتجمع مياه الأمطار في فصل الأمطار .

وترشح هذه المياه ضمن الخرسانة غير المعزولة جيداً بحيث تظهر آثارها جلية على أرضية البندرم وفي الجزء السفلى من الجدران وتتميز هذه الآثار بمشواتها وأنها لا تتعدى بالكاد ارتفاع مقداره من (٣٠) إلى (٤٠) سم فوق مستوى الأرض وأنها مستمرة نوعاً ما ويمكن رؤيتها بسهولة ، وتؤدي إلى ابتلال الموكيت أو السجاد وتلف أعمال البياض والدهان ، وقد تؤدي لإتلاف التجهيزات الكهربائية ناهيك عن الأملاح التي تحملها هذه المياه من التربة والتي تقدم ذكر ضررها فهي تآكل الخرسانة وتساهم في زيادة تأكسد التسليح ، ونود أن نشير هنا إلى أن عدم إزالة الأملاح المتراكمة على سطوح الجدران من شأنه أن يؤدي إلى ارتفاع أكبر في المنسوب الذي تبلغه الرطوبة إذ تؤدي الأملاح التي تتراكم إلى زيادة قدرة المسامات على امتصاص المياه ، وبالتالي ارتفاع منسوب الرطوبة إلى مناسيب أعلى في الجدران .

وقبل المضي في اختيار طريقة العلاج المثل نوصي بالتحقق من أن المشكلة هي فعلاً نتيجة المياه الجوفية وأنه لا يوجد سبب أساسى آخر متوافق معها ، ويحدد العلاج على أسلوبيين هما :
١) استخدام طريقة عزل للمنشأة إزاء الماء الجوى كما نعرض قارب بالماء .
٢) بناء صرف فعال تحول مواقع البناء لإخراج المياه بعيداً عنه .

أ) العزل : **Isolation**

ويستخدم عندما تقع الأبنية في مياه جوفية دائمة أى عندما تقع بجوار الأنهار أو البحار ويحدد اختيار طريقة العزل على ما على :

- ١) نوعية المنشأ ووظيفته عند الاستئجار .
- ٢) نوعية الأساسات وعمق التأسيس .
- ٣) عمق المياه الجوفية واختلاف منسوبها .
- ٤) نوعية التربة المحيطة بالمنشأ لكي لا تؤدي التربة الملحية إلى تآكل مادة العزل .
- ٥) حاجة المنشأ إلى تدعيم من الجدار المحيط بها .

ويهدف العزل في منطقة قاعدة البناء وجوانبه للماسة للمياه الجوفية ، ويجب أن تتوفر مواد العزل عدة شروط كالمقاومة ضد

٤) الرشح الناتج عن صعود الماء بالخاصة الشعرية :

تصعد الرطوبة من التربة عبر مسامات مواد بناء المنشآت بفعل قوى الضغط المسامي capillary action وعملية الانتشار diffusion وتتفاوت الارتفاعات التي تبلغها هذه الرطوبة اعتماداً على مقدار رطوبة التربة وحجم مسامات المواد وتوزيعها واستمراريتها وعلى العموم يجد الضغط الجوى من هذه الظاهرة فلا يزيد الارتفاع التقريبي الذي تبلغه من (١,٢٠ م) وفي أبنيتنا التقليدية التي غالباً ما تحتوي على خرسانة فيها فراغات كبيرة نظراً لعدم سيولة الخرسانة، ودمكها بصورة جيدة فلا يزيد ارتفاع الرطوبة أكثر (٧٠ سم) ، بينما يزداد مقدار الارتفاع الذي تبلغه عند تقاطعات الجدران (الزوايا) .

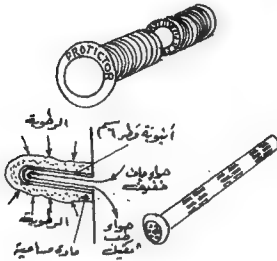
يمثل الصعود بالخاصة الشعرية (٨٠ ٪) من حالات نفوذ الرطوبة إلى المنشآت وتؤدي الرطوبة الداخلية إلى مسامات المواد إلى كافة المشاكل المذكورة أعلاه وأخطرها صنأ أسياخ التسليح مما يؤدي إلى انتفاخها وتفكك طبقات البياض من فوقها عدا أنه إذا حملت معها هذه المياه أملاحاً ضارة من التربة تؤكد على أن التراكم المضطرب للأملح مع الزمن يؤدي لوصول الرطوبة إلى مناسيب أعلى .

إذا تأكدنا أن المشكلة ناتجة حصراً عن الصعود الشعرى فيعتمد إيجاد العلاج على اعتبار عاملين مهمين : أولهما : مقدار رطوبة التربة . وثانيهما : حجم مسامات الجدر ، وننوه هنا أنه لا فائدة من عزل السطح الخارجى لجدران البناء بل على العكس بعلنا هذا نزيد المشكلة إذ لن تتمكن المياه الصاعدة من التربة من التبخر على هذه السطوح واعتماداً على هذين العاملين يمكن أن نواجه إحدى الحالات الآتية :

أ) حالة كون الجدران قليلة المسامية والتربة تحت البناء رطبة جداً هنا يمكن اللجوء لعزل الأساسات وإنشاء نظام صرف للرطوبة .

ب) حالة كون التربة قليلة الرطوبة والجدران مسامية جداً ننصح هنا بالمحافظة على تبخر مقادير المياه الداخلة والقليلة نسبياً من على السطوح الخارجية للجدران .

ج) حالة كون الجدران ذات مسامية عالية والتربة أيضاً تحتوي على نسبة رطوبة عالية ننصح هنا باللجوء لإنشاء نظام لصراف المياه ، ومن ثم يمكن اللجوء لنظام لتسريع التبخر من الجدران، وهذا النظام يتعلق بكمية الرطوبة الباقية بعد الصرف وهذا النظام يعتمد على ما يدعى بالسيفونات الجوية (Atmospheric siphons) والشكل التالى يبين مقطعها الطولى وبعض النماذج منها .



نماذج من السيوفونات الجوية المستخدمة

د) حالة كون الجدران قليلة المسامية والتربة عالية الرطوبة ننصح هنا باللجوء لتكتم سطوح الجدران الداخلية .

كما أن هناك طريقة أثبتت نجاحها في علاج هذه الظاهرة وتعتمد على التفسير الفيزيائى لظاهرة الصعود الشعرى من أنها ظاهرة امتصاص كهربائى electro osmose حيث يشكل كل مجموع المبنى والتربة بطارية كهربائية ضخمة يمثل بها المبنى القطب الموجب (+) والتربة القطب السالب (-) ويجرى في مجموعتنا هذه تيار كهربائى ضعيف من التربة (-) إلى المنشأة (+) غير أن شدة التيار كافية لسحب جزيئات المياه المشحونة بإشارة تخالف الكهرونيات التيار ، ولإيقاف مشكلة الرطوبة الشعرية لا بد من قطع هذا التيار ، وهذا يتم بطريقة الدائرة القصيرة أو ما يدعى طريقة (يثير) ythier



شكل يبين استخدام طريقة يثير
(ythier) لصدوم الرطوبة الشعرية

وتختلف المواصفات المطلوبة من المواد العازلة باختلاف الأماكن التي سيتم عزها وذلك لاختلاف ضغط المياه وطبيعة التربة والبنائي المقامة عليها، والأسس التي يقوم عليها التنفيذ يمكن تلخيصها كالآتي :

١ - يجب أن تتركب الطبقات العازلة البيتومينية على يياض أسيمنت مكون من مونة الأسيمنت والرمل مع كسر السوك وملء الزوايا ولف الأركان بالزجاجات قطر ٨ مم .

٢ - يجب أن تدفن طبقة البياض المذكورة بدهان تحضيري وليكن نيروول (ب) بمعدل ٢٣ كجم / م^٢ لسد المسام وللمساعدة على التماسك بين الطبقة العازلة والحفرانة وضمان سلامة عملية اللصق باستخدام البيتومين المؤكسد .

٣ - يتم لصق الطبقات العازلة البيتومينية بحيث تكون هناك مسافة ركوب عند الجوانب لا تقل عن ١٠ سم ومسافة ركوب عند النهايات لا تقل عن ١٥ سم .

٤ - البيتومين المؤكسد المستخدم في اللصق يجب أن تكون حرارته عند الاستخدام ٥١٥٠ - ٥١٦٠ .

٥ - يجب أن يكون السطح الذي تلتصق عليه الطبقات العازلة نظيفاً وجافاً تماماً ويجب سحب مياه الرشح بأي طريقة حتى يتم التأكد من جفاف السطح الذي يوضع عليه الطبقة العازلة .

٦ - إن جميع الأعمال المقرضة لمياه الرشح يجب تنفيذها فوق الطبقة العازلة .

٧ - يراعى أن تلتصق المواد العازلة التي أساسها الخيش أو المعادن بالخوايط وذلك بطبقة مستمرة بارتفاع ٢٥ - ٣٠ سم ثم تغطي بالبياض أركان العزل من الداخل وإذا كان العزل من الخارج يجب أن تبنى خلف الطبقة العازلة ١/٢ طوبة .

٨ - في حالة استعمال طبقة عازلة من الأسيمنت المغلوط بالرمل يجب أن تكون الخلطة في حالة جيدة ومتجانسة ويجب أن تعمل طبقتين كل طبقة في اتجاه عكس الأخرى .

٩ - الشروط عالية للطبقات العازلة ويجب وضع المواصفات العامة والأسس التطبيقية للصلق الطبقات العازلة .

والأشكال التالية تبين الرسومات التفصيلية والأعمال الهامة من الطبقات العازلة :

يقترض هذا النظام بأن نضمن داخل جدران المنشأة شريط نحاسي بشكل يحزم معه كامل المنشأة من الداخل والخارج ومن ثم تزرع ضمن التربة المجاورة قضبان نحاسية ذات رؤوس فولاذية بعمق من ٣ إلى ١٠ سم (كلما ازدادت رطوبة التربة كلما تطلب زيادة العمق) وبالإوصل بين الحزام والقضبان نكون قد حققنا الدائرة القصيرة المطلوبة ، ويمكننا قراءة مقدار التيار المار بين القضبان والحزام باستخدام مقياس كهربائي جلفاني galvanometer .

والشكل السابق يبين استخدام طريقة اجير ythier لملاج الرطوبة الشعرية .

مردود هذه الطريقة قد يحتاج إلى بعض الزمن إلا أنها تلتقي الرطوبة بشكل كلى ونهائى كما في الشكل السابق .

وأخيراً نقترح الجدول التالي الذى يعطى الحلول المثل لكل من الرشحات المطرية والرطوبة الصاعدة بالخاصة الشعرية

طريقة المعالجة	لفور الرطوبة بالحوالات المطرية	صعود الرطوبة بالخاصة الشعرية
تكتبة خارجية كتبتبة . تكتبة خارجية كتبتبة وسماجة رطوبة الشعرية عن طريق تسريع بهير للفتل . تكتبة خارجية كتبتبة وسماجة رطوبة الشعرية عن طريق نظام السيلونيات الجوية .	كتبتبة كتبتبة	معدوم متوسط
تكتبة خارجية كتبتبة . تكتبة خارجية سماجة وسماجة رطوبة الشعرية عن طريق تسريع بهير للفتل . تكتبة خارجية سماجة وسماجة رطوبة الشعرية عن طريق السيلونيات الجوية .	متوسط متوسط	معدوم متوسط
تكتبة خارجية كتبتبة . تكتبة خارجية سماجة وسماجة رطوبة الشعرية عن طريق تسريع بهير للفتل . تكتبة خارجية سماجة وسماجة رطوبة الشعرية عن طريق السيلونيات الجوية .	متوسط	نرى

ثانياً : الطبقات العازلة للرطوبة والحرارة :

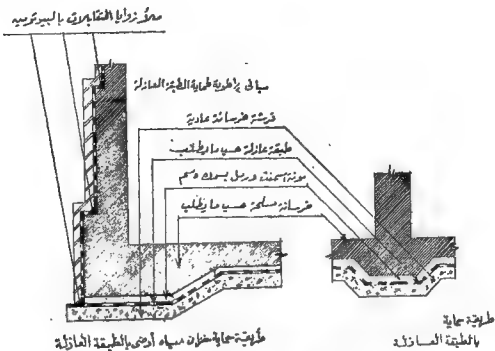
لن أكتب أكثر مما كتبت في الموسوعة الهندسية للمواصفات والتصميمات ومعدلات المواد للعماله وإنشاء الباني والمرافق العامة بالطبعة الخامسة ولا يمكن أن أكرر نفس ما كتبتة وحيث سأكبر نفسى ولكن سأطرق رؤوس المواضيع والبنود ومن يرد الاستزادة يرجع إلى الموسوعة الهندسية .

الفصل الثاني

أولاً : الطبقات العازلة للرطوبة :

مواصفات عامة للطبقة العازلة البيتومينية :

تلخص مواصفات الطبقة العازلة بتحديد المتطلبات التي يجب توفرها في الطبقة العازلة (البيتومينية) المستخدمة في أغراض العزل ضد الرشح والرطوبة ومياه الأمطار والمياه الجوفية وفي المنشآت بمختلف أنواعها والمصانع والكبارى والأنفاق والأعمال الصناعية المختلفة .



أنواع الطبقات العازلة :

بند (٥) : ألياف زجاجية مشبعة بالبيتومين إما أن تكون

مغطاة بالزمل الناعم وتصلح للحمامات والبدرومات ، وإما أن تكون فقط بمحيطات معدنية وتعطى قيمة جمالية للسطح وتصلح لعزل الرطوبة وانعكاس الشمس ، وإما أن تكون أليافاً زجاجية بيتومينية ذات فضحات تصلح للتربة .

بند (٦) : طبقة عازلة أساسها من الألياف نباتية أو حيوانية وتستعمل لحماية الأرضيات وأساسات المنشآت من المياه الجوفية وعزل التكتات .

بند (٧) : شرائح بيتومينية أساسها القطن وتستعمل عندما يكون مطلوب طبقة عازلة لينة سهل التشكيل والالتصاق في الأركان .

بند (٨) : شرائح بيتومينية أساسها الألياف حيوانية وتستعمل لطبقة أولية لحماية الأرضيات من المياه الجوفية والرشح .

بند (٩) : طبقة عازلة أساسها معدني إما من الألومنيوم أو الأسبستوس أو قماش الجوت أو ألياف حيوانية أو الأسبستوس والألومنيوم .

بند (١٠) : العزل على البارد :

تتمتاز المستحلبات البيتومينية على البارد بسهولة تشغيلها ، ويمكن تشغيلها على الأسطح الرطبة دون أن يحدث فصل بين السطح والبيتومين وله قدرة التصاق كبيرة بالأسطح ، ومن أحسن مميزات أن يتفاعل ويتغلغل داخل الخرسانة ويجعلها صماء والسائد في أعمال المباني نوعان :

البيروتكت : Bitumen emulsion

يستعمل هذا البيتومين على البارد (يدهن به الأسطح الخرسانية والمباني الطوب بعد نظافتها جيداً مباشرة أو بعد تخفيفه بالماء ويدهن أول وجه ثمضوى بطبقة من البيروتكت الخفيف بالماء بنسبة ٢:١ ثم يتم دهان وجهين متعامدين بفواصل زمنية لا يقل عن ٦ ساعات ويتم التفاعل بعد دهانه بتبخير الماء المتعلق بالبيتومين وتصبح الطبقة المتصلة عازلة للرطوبة .



دهان البيروتكت بطريقة الرش

١ - طبقة عازلة مكون أساسها من أسفلت ويكمن المستعمل على هيئة أقراص لاستعماله في أي غرض وتكون مركبة من مسحوق الحجر الجيري والبيتومين النقي بنسبة ١٢٪ إلى ١٧٪ ويجب أن يكون الأسفلت خالياً من الرقت أو القطران أو أي مواد غريبة .

٢ - الدهان بالبيتومين وأساس البيتوم الزج أو السائل ويجب أن يكون طبيعياً خالياً من الرقت أو القطران .

٣ - شرائح بيتومينية على أساس من الجوت مشبعة ببيتومين عادي درجة لدونته من ٦٥° : ٨٠° م .

٤ - شرائح بيتومينية على أساس من اللباد وتكون من شرائح اللباد المعالج بمواد بيتومينية يغطيها غير منفذة للماء كلياً أو جزئياً .

٥ - شرائح بيتومينية على أساس من الألياف الزجاجية وتكون من ألياف زجاجية مرتبطة بمادة راتنجية ولا تحتاج لعملية تشبع وتكسي بالمادة البيتومينية من كلا الوجهين .

٦ - شرائح بيتومينية على أساس من الألياف النباتية أو الحيوانية وتكون من أساس قماش الجوت أو القطن أو الكتان أو لب الخشب أو الشعر أو الصوف المشبعة والمكسية بالبيتومين من كلا الوجهين .

٧ - شرائح بيتومينية على أساس من صفائح معدنية وتكون من أساس من الأسبستوس أو من الألومنيوم أو النحاس أو الرصاص المكسية بالبيتومين من وجه واحد أو كلا الوجهين علماً بأن أساس كل من الأنواع بالبند ٣، ٤، ٥، ٦ له وزن وحجم يتلاءم مع شروط استخدامه ، وستين استعمال كل نوع واستخدامه ومعدلات المواد والعائلة الخاصة به .

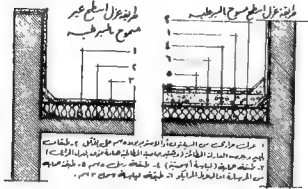
بند (١) : طبقة عازلة من الأسفلت : وهي خليط من الأسفلت والزلزل وتوضع بسمك ٢ سم بعرض المباني بنقص ٢ سم على أن توضع لياقة أمتنمية بسمك ٢ سم تحت وفوق الطبقة العازلة على الحوائط وتعمل الرصيف بمقدار ١٥ سم .

بند (٢) : دهان وجهين بيتومين : وهو بيتومين ساحن ويدهن منه ثلاثة أوجه وتصلح لحوائط البدرومات الرأسية وللأسقف .

بند (٣) : لباد مكسي من الوجهين بالبيتومين المؤكسد : هو لباد مكسي بالبيتومين ويستعمل في أسطح المباني العادية ويتم دهان طبقة البيتومين ثم طبقة لباد ثم طبقة دهان ثم طبقة لباد ثم طبقة دهان على أن يتم عمل وزرة تكون أعلا من البلاط بمقدار ١٥ سم .

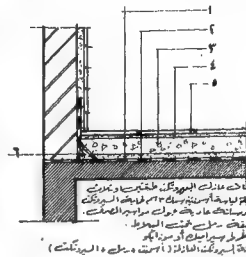
بند (٤) : خيش مشبع بالبيتومين العادي ويستعمل مثل بند

(٣) بدل اللباد .



يمتاز البيروبلاتس بالمطاطية العالية بعد التصدق

والشكل التالي بين طريقة عزل دورة مياه حمام بالبيروكت



٩٩ - البيروبلاتس : Bitumen latex emulsion

والبيروبلاتس مستحلب يتوهمي في حالة سائلة ممتاز بمطاطية عالية بعد التصدق ويبقى محفوظاً بخواصه وغير منفذ للماء في درجة الحرارة العالية والمنخفضة من ٢٥، ١٠٠ م ويظل على المرونة حتى لو تعرض للشد أو الإطاط من ٣:١ أمثال طوله الأصلي ويستعمل في عزل المنشآت الضعيفة المعرضة للاهتزازات كالصناعات والكبارى والمنشآت التي يتحمل حدوث شروخ صغيرة في قشرها الخرسانية نتيجة الانكماش والتهدد ، ومن أحسن الأنواع في عزل الأساسات ويستعمل بعد النظافة الجيدة بوجه برايزر مخضمر من البيروكت السابق المخلف بنسبة ١:٢ أو من البيروبلاتس بنسبة ١:٣ ثم يدهن بعد ذلك السطح وجهين أو ثلاثة بفارق زمني ١٠ ساعات على الأقل ويستحسن عمل طبقة كل يوم .

ملحوظة : النوعان السابقان يتم تصنيفهم بالطريقة الآتية : يسخن البيتومين العادي ٧٠:٨٠ حتى درجة الإسالة .

(ب) يتم وضع مواد كيميائية في حلة الخلط التي تساعد على التصاق البيتومين العادي بالأسطح الخرسانية ولها مميزات أخرى .

(ج) يصب البيتومين على السائل الكيمائي دفعة دفعة والخلط يعمل في حوالي ٨٥٠ لفة حتى نضمن مزج البيتومين جيداً ويتنج البيروكت .

(د) في حالة إنتاج البيتومين المطاطي يضاف مادة مطاطية (الكلة) إلى الخليط السابق وتزداد السرعة للخلط حتى يتم امتزاج هذه المواد جميعها مع بعضها .

والشكل التالي بين طريقة عزل سطح بمادة البيروبلاتس كعازل للرطوبة وطبقة من السيلتون كعازل للحرارة .

١٢) البيتومين على البارد العاكس لأشعة الشمس : silverd bitumen:

يدخل في تركيب هذا النوع مادة الألومنيوم على هيئة عجينة ويكون لونه بعد الدهان فضي غامق ورغم أن هذا النوع يؤدي إلى عزل الرطوبة ويساعد على عكس أشعة الشمس ، لذلك يصلح لدهان الأسطح المائلة ولأسقف مزارع الدواجن .

١٣) إضافات منع النفاذية في الخرسانة :

تستخدم هذه المواد لمنع النفاذية وذلك في حالة الاحتفاظ بنسبة الأسمنت للمياه water cement ratio w/c وغالباً ما تكون نسبة المياه ٥٠٪ من وزن الأسمنت ، كما يجب استعمال الخلط الجيد في زمن معدد والدمك الجيد والمعالجة بالرش للخرسانة لمدة لا تقل عن ١٥ يوماً مع وجود الشدة الحشمية .

المواصفات لمواد الإضافة وتحتصر في ثلاثة أنواع :

(١) مادة تمنح للمواصفات الأمريكية A.S.T.M.C.494 Type B وهذه الجعرة تصلح من ٣٪ إلى ٣٪ من وزن الأسمنت أو ١٣٪ إلى ١٣٪ لتر لكل ٥٠ كجم ويرجع إلى استعمال هذه المادة ضمن مواد الإضافة السابق شرحها .

(٢) مادة اللجنين سلفونات مع بعض الإضافات الكيماوية وتضاف هذه المادة بنسبة من ٢٪ إلى ٤٪ من وزن الأسمنت .

(٣) مادة سيلكات الصوديوم البودرة وهو نوع يضاف إلى

عن استخدامها مع الأممنت تحول الكالسيوم الموجود به إلى سيليكات كالسيوم وبكسر ما يحدث في حالة سيليكوفلوريدات التي تحتوي على أحماض حرة فإن التآكل بمحاليل ماء الزجاج وحدها لا ينتج عنها إحكام الأسطح ، ويمكن معالجة الأسطح المتآكلة بماء بواسطة أحماض معدنية مخففة (كحمض الهيدروكلوريك أو الكبريتيك) وبسبب ذلك إحكاماً للسطح نتيجة لتولد حمض السيليسيلك ، ويجب غسل السطح عقب المعالجة الحمضية بالماء .

٢ - مواد إضافية للخرسانة :

(أ) مواد مائلة للصلابة :

وهي تتكون من مواد غير قابلة للذوبان في الماء أساسها صابون ميني على قلوبات أرضية ومحاليل مركبات الألومنيوم وحمض السيليسيلك .

(ب) إضافات لتقليل نسبة الماء إلى الأممنت :

وهذه الإضافات يتوقف مفعولها أساساً على إنقاص الشد السطحي لماء الخلط مما يضمن توزيعاً جزيئياً للأممنت وبالتالي نعوته بالإضافة السابقة .

بالإضافة إلى المواد السابقة ظهرت في جمهورية مصر العربية استعمال مادة الفاندكس وستلواو بشيء من التفصيل لأنه قد ثبت صلاحيتها وانتشرت وظهرت نتائج طيبة .

مادة فاندكس (VANDEX) العازلة

للمياه والرطوبة

تعريف بهذه المادة (فاندكس) :

١ - فاندكس هو اسم تجاري مسجل لاكتشاف دائري معروف على نطاق العالم كله ، وهو أيضاً اسم هيئة ممثلة في أكثر من (٣٠) ثلاثين دولة في العالم لإنتاج العديد من مستحضرات فاندكس (VANDEX) المستخدمة في وقاية الخرسانة وعزلها عن المياه .

٢ - ولقد تم اختبار هذه المادة معملياً فأثبت أنها تقاوم ضغوط المياه العالية حتى ١٢ جوى وبهذا يمكن استخدامها بكفاءة تامة في جميع المنشآت المائية من رى وصرف وتخزين وكذلك جميع المنشآت البحرية ، بالإضافة إلى استخدامها في خزانات المياه والأسقف والمباني والأرضيات .

٣ - تصنع مادة فاندكس (VANDEX) من الرمال النقية والأممنت وبعض المواد الكيميائية النشطة ، وهي عبارة عن مادة تذاب في الماء وتلعب بالفرشة وهي لا تعمل طبقة مثل البياض .

٤ - تختلف مادة فاندكس (VANDEX) في عملها عن الأسلوب التقليدي لمواد عزل المياه عن طريق طبقات سطحية تغطي بها الخرسانة (غطاء عازل للخرسانة مثل الأسفلتويد - ٣٠٠ الإنشاء والإيبار

ماء الخلط بنسبة $\frac{1}{4}$ كجم إلى شيكارة أممنت ، والنوع الثاني وهو السائل ويكون شفافاً وهو معروف قديماً بماء الزجاج ويعطى نتائج أفضل من نوع البودرة ويضاف بنسبة $\frac{1}{4}$ كجم لكل شيكارة أممنت .

١٤) عزل الأساسات كيميائياً :

إذا كانت الأساسات ستعرض لمواد كبريتية فيجب استخدام أممنت مقاوم للكبريتات وقبل البدء في عزل الأساسات يتم عمل ترميم لأي تشهيش بمونة منكمشة وغير منفذة للماء ، وذلك بعد النظافة الجيدة من الأتربة والشوائب ، ثم يلى ذلك دهان وجه تحضيرى من براير ليوكسى ، ثم يلى ذلك دهان وجهين من الأيوكسى المقاوم للكبريتات وغير منفذ للماء .

١٥) الواتر استوب : water stop

يتم وضع الواتر استوب بعد صب أرضية الخزان أو البدروم ويوضع عموماً على الأرضية بين حديد التسليح الخاص بالحائط المسلح فيمنع تسرب الماء في الوصلة بين خرسانة الحائط والأرضية ويجب العناية بتثبيت الواتر استوب في المكان المطلوب استعماله فيه وهذه المادة من المواد الفعالة التي تستخدم في أعمال الخرسانة في المنشآت الكبرى مثل الخزانات الأرضية والبدرومات وهو عبارة عن شريط P.V.C ارتفاعه من ١٥ سم إلى ٣٠ سم بأطوال تصل إلى ٥٠ م .

ثالثاً : العزل بمواد إشراب الأسطح

وإضافات الخرسانة

١ - مواد إشراب الأسطح :

وهي مواد لا لون لها ولا تؤثر على لون الخرسانة ، ويمكن الحكم على صلاحيتها في كل حالة باختبارها كهربائياً وميكانيكياً .

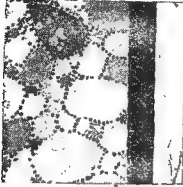
(أ) فلوريد السيليكون :

وهذه الفلوريدات عبارة عن أملاح هيدروفلوريد السيليكون (٢٥ س ف ٦) ولهذا الغرض فإنه ليس من المناسب استخدام أملاح سيليكوفلوريدات البوتاسيوم والصوديوم والنشادر بينما يمكن استخدام أملاح الرصاص والألومنيوم والزنك والمغنسيوم ، وواضح أن هيدروكسيد الكالسيوم وكربوناته المتكونة أثناء عملية شك وتصلب الأممنت تتحول إلى سيليكوفلوريدات الكالسيوم . وبهذه الطريقة فإنه في الوقت الذي يتصلب فيه السطح فإن الأملاح المتكونة غير الذائبة في الماء تساعد في قفل المسام بسبب زيادة حجم الأملاح .

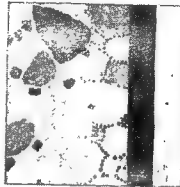
(ب) ماء الزجاج السائل :

وأنسبها هي أملاح سيليكات الصوديوم والبوتاسيوم ويتبع

رابرود- خيش مقطون) حيث إنه بمجرد وضع طبقات فاندكس على الخرسانة تبدأ سلسلة من العمليات الكيميائية ينتج عنها اختراق مادة فاندكس في أعمال الخرسانة طاردة أمامها



انتهت مرحلة تغلغل الفاندكس
بجمل المياه وأصبحت الخرسانة
صماء لا يفلت منها الماء



سلسلة من العمليات الكيميائية
وينتج عنها اختراق مادة الفاندكس
في أعمال الخرسانة طاردة الماء أمامها



دهان مادة الفاندكس في البداية
ولم يظهر تأثيرها في الخرسانة

استخدامات مادة (VANDEX) العازلة

للمياه والرطوبة

١ - تستخدم مادة فاندكس في قواعد وأساسات المنشآت تحت منسوب المياه لمنع وصول المياه الكبريتية وغيرها إلى الخرسانة وبالتالي تمنع وصول تأثير المياه إلى حديد التسليح لحمايته حماية كاملة وصولاً للمحافظة على سلامة المنشأ ، وذلك بإضافة فاندكس سوبر (SUPER VANDEX) وذلك في حالة الخرسانة الجديدة في بداية الإنشاء .



طريقة عزل خزان مياه
بمادة الفاندكس

٣ - تستخدم مادة فاندكس في دهان الأسقف المسلحة وتلك التي يتم تنفيذها على شكل عقود أو سن المنشأ أو قباب أو غيرها من الأشكال المعمارية ، ودهان هذه الأسقف بمادة الفاندكس فإن الأمر لا يحتاج بعد ذلك إلى تغطيتها بالدغرة أو بخرسانة الميول أو البلاط إذ أن طبقة الفاندكس لا تتأثر بالعوامل الجوية وتمنع التشققات الشعرية في الخرسانة وبذلك تحف الأحمال على الأسقف وبالتالي على أساسات المنشأ ، مما يؤدي إلى وفر في تكاليف الإنشاء .

٤ - إن استخدام فاندكس يلقي الحاجة إلى بياض أو دهان الأسقف حيث تكسب منتجات فاندكس المنشآت المستخدمة معها الألوان الآتية :

(أ) اللون الرمادي (لون الأسمنت الطبيعي) .

(ب) اللون الأبيض .

(ج) ألوان الباستيل الفاتحة .

٥ - كذلك تستخدم مادة فاندكس أيضاً في حالات تسرب المياه في الأحوال العادية وكذا الخاصة التي تخضع للضغط العالي في المنشآت الخرسانية المختلفة وخزانات المياه ، ويمكن معالجة جميع مشكلات الرشح فيها وكذلك تسرب المياه منها دون تفريطها من المياه أو إيقاف العمل بها وذلك بعمل عجينة من فاندكس كويك (QUICK VANDEX) وتسد المياه في الحال ثم يتم دهان المنشأ بطبقة من مادة فاندكس بريمكس (BRIMX VANDEX) .

بند (١٢) - بالتر المسطح : توريد وعمل مادة الفاندكس VANDEX حسب المواصفات عالية :

(أ) مبانى منشأ حديثاً ويراد عزلها .

٢ - تستخدم مادة فاندكس لدهان أسقف وحواط مبانى المصانع المختلفة من الداخل لمنع تسرب الأمجرة والرطوبة المحملة بالمواد الكيميائية إلى الخرسانة ، وفي هذا حماية لحديد التسليح من وصول هذه المواد الضارة إليه وحتى إذا ما حدث تشققات شعرية لا تزيد عن نصف المليمتر وبذلك تحمي المنشأ على المدى

(ب) مباتى أنشئت وعزلت بأى طريقة سابقاً ولكنها ما زالت ترشح .

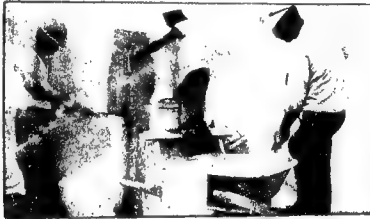
(ج) مباتى بها خروم يتدفق منها الماء .

معدلات المواد للفاندكس :

عامل ممتاز + صمى + عجان ينتجون دهان :
(أ) ٣٥ م' في المباتى التى أنشئت حديثاً وتعالج بمادة فاندكس .

(ب) ٢٥ م' في المباتى التى أنشئت وظهر بها عيوب الرشع تعالج بدهان الفاندكس أيضاً ، ويكون في هذه الحالة كل شيء معد للتشغيل بدون تعطيل هؤلاء العمال .
كجم فاندكس برعكس .

(ج) في حالة سد الخروم يمكن التقدير حسب طبيعة الحالة .
هنا بخلاف العمالة المتطلبة للنحت أو إزالة طبقات عازلة قديمة أو يياض أو خلاخه ، أى أن المعدلات عالية في حالة ما تكون الأسطح جاهزة ومعدة للتشغيل .
سددها .

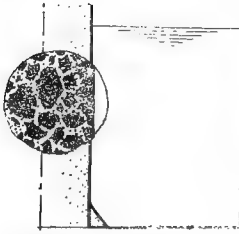


منظر يبين سد الاضرار التى يتدفق منها الماء من المنفا بمجرد وضع مادة الفاندكس

بند (١٣) - ووتر بروف WATER PROOF

- ومن مميزاته :
- ١ - له خاصية نفس الجزء الخرساني الموزول ويصبح جزءاً لا يتجزأ منه .
 - ٢ - غير ضار بمياه الشرب ولا يتفاعل مع الكلور لذا فهو مناسب لحول خزانات المياه ومحطات مياه الشرب .
 - ٣ - قابل للتشغيل على الأسطح الخرسانية الجافة والمبللة .

بالتر المسطح : توريد ودهان ٣ طبقات من ووتر بروف العازل الأسمتي أو ما يماثله على أن تكون الطبقة الأولى والثالثة أفقية والطبقة الثانية رأسية واللفة عملاً عليها نظافة السطح نظافة تامة ورشه بالمياه .
والووتر بروف عبارة عن مركب من الأسمت المعالج كيميائياً بلدائن صناعية ومواد مالئة من الكوارتز المدرج ويخلط الووتر بروف بالماء بنسبة ٣:١ بالحجم (١٠ لتر ماء تضاف إلى ٥٠ كجم ووتر بروف) وتدهن به الأسطح الخرسانية فتدخل لدائه الصناعة السطح الخرساني وتتغلغل في مسام الخرسانة وتتكاثر بها لتتم سلسلة من التفاعلات الكيميائية مكونة كريستالات الووتر بروف الصلبة في أماكن المسام وتصبح جزءاً لا يتجزأ من المنشأ .

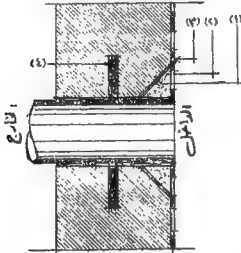


يتقلل الووتر بروف في مسام السطح الخرساني ويتكاثف بها مكونا كرسنات الووتر بروف الصلبة في أماكن المسام

بينما ووتر بروف في اختراق السطح الخرساني من خلال المسام فور الدهان

يدهن ووتر بروف باستخدام الفرشاة

طريقة العزل حول ماسورة



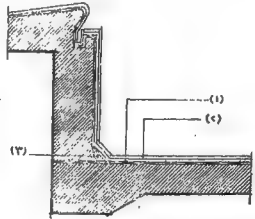
طريقة العزل حول ماسورة :

- (١) دهان طبقة ووتر بروف بعد التكسير حول الماسورة ويفضل خلط الووتر بروف بمياه تضاف إليها أيديونيد (وسيط لاصق) بنسبة ١:١ وتترك لمدة ٢٤ ساعة .
- (٢) دهان طبقة الووتر بروف ممالة ثم تغطى الفتحة حول الماسورة بأمنت رمل بنسبة ٢:١ مخلوط بمياه مضاف إليها أيديونيد وتترك لمدة ٤٨ ساعة .
- (٣) يدهن فوق السطح ٣ طبقات ووتر بروف .
- (٤) قلنشة حديد ملحومة مع الماسورة قبل صب الخرسانة .
- يخلط الووتر بروف بالماء بنسبة ١ : ٣ بالحجم (١٠ لتر ماء : ٥٠ كجم اديكور) ويصل الووتر بروف بذلك لقوام مثل الروبة .

- ترش الأسطح الخرسانية بالماء وتدهن الطبقة الأولى من الووتر بروف باستخدام الفرشة في الاتجاه الأفقي وتليها الطبقة التالية متعامدة عليها بفواصل زمنية لا يقل عن ساعتين في الأجواء الحارة وثلاث ساعات في الأجواء الباردة .

طريقة عزل حمام سباحة بالووتر بروف

- (١) قيشاني مثبت على الووتر بروف مباشرة مثبت على الووتر بروف مباشرة بالمونة العادية أو اللصق الحديث .
- (٢) عازل الووتر بروف ٣ طبقات .
- (٣) وزرة عازلة من الأمنت والرمل والأيديونيد والأضافات العازلة مثل السيكاف أو الأدهكرت .



- يستخدم في عزل الخرسانة تحت منسوب المياه الجوفية .
- يدهن مباشرة على الأسطح الخرسانية الغير مستوية أو المنحنية كالعمود والقباب ويوفر تكاليف بناء الحماية التي تتطلبها العزل التقليدي .
- له مقاومة عالية للكبريتات .
- وخطوات التشغيل كالتالي :

- ١ - ينظف السطح جيداً وتزال من عليه الأتربة .
- ٢ - تعالج مناطق التشيش وفواصل الصب قبل العزل بمونة أمنتية أو خرسانية فينر حسب حجم التشيش على أن يضاف للمونة مادة ربط للخرسانة الجديدة بالقدمة كالأيديونيد .

معدلات المواد :

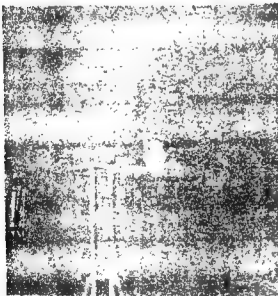
ومعدلات المواد والعمالة حسب كل نوعية والأمتلة السابقة تبين خطوات التشغيل .

استخدام المواد الأيوكسية :

يعتبر العزل باستخدام المواد الإيوكسية واحد من استخدامات عديدة للمركبات الإيوكسية والمركبات الإيوكسية متعددة الأنواع وإن اشتركت في خصائص كثيرة ويجب اختيار النوع المناسب للغرض المستخدم من أجله . ويجدر بنا هنا أن نشير إلى أهم مجالات استخدام الإيوكسي لمراعاة ذلك في اختيار النوع المناسب للغرض المطلوب .



الشروخ التي تعالج بالمواد الإيوكسية



طريقة تبيين تكتيت صلبين من الأنشاي في عمود قديم لزيادة قطاعه

ومن أهم هذه الأنواع :

- ١ - حقن الشروخ الخرسانية .
- ٢ - ترميم الأجزاء الخرسانية ولحام الخرسانة الجديدة بالقديم .
- ٣ - زرع وتثبيت أسياخ الحديد (الأشرار) بالخرسانة .
- ٤ - حقن وترميم الشروخ الأسفلتية خاصة في ممرات الطائرات .

للطبقة الواحدة على المتر المربع ١,٥ كجم ووتر بروف .

معدلات العمالة :

يلزم أربعة عمال + مساعد خلط ينتجون ٥٠ م^٢ لدهان وجهين ووتر بروف .

مونة الترميم والعزل السريعة

بند (١٤) - سيتوكس فكس CETOX FIX

بالمقطوعة : توريد وتركيب مادة سيتوكس فكس CETOX FIX وهي عبارة عن بودرة أميتية الأساس تخلط بالماء فقط وتتصلد في خمس دقائق تقريباً ويبدأ التفاعل وزمن الشك بعد دقيقتين من بدء الخلط بالماء .

ويجب تخزين سيتوكس فكس في مكان جاف تماماً ولمدة لا تزيد عن ٦ شهور .

ويستخدم في غلق الفتححات والقنوات التي تحتاج لغلغ سريع كأماكن تسرب المياه .

وتتم طريقة التشغيل كالآتي :

- يخلط سيتوكس فكس بالماء ويمكن إضافة بعض الرمل كإداة مألقة ولكن بدون إضافة أى مواد أخرى مثل الأسمنت أو الجير أو الجبس .



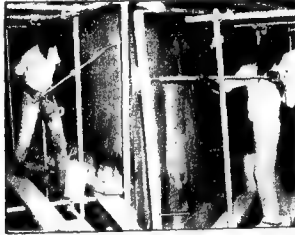
طريقة استخدام مونة العزل المرن سيتوكس فكس

- يتم الخلط بسرعة وبكمية قليلة وتكرر الكمية المخلوطة وتضغط في الفجوة في زمن لا يتجاوز دقيقتين ولا يجوز إضافة ماء للخلطة أو الاستمرار في تشغيلها بعد مرور دقيقتين ،

(أ) دهان أيبوكسي EPOXY PAINT

وهو عبارة عن مركبين (أ) ، (ب) يخلط بالنسب المحددة بواسطة الشركة المنتجة والمركب (أ) هو مركب الإيبوكسي EPOXY-RESIN أما مركب (ب) فهو عبارة عن مصلب HARDENER ويخلط المركبين ويتم تشغيلهما في خلال فترة التشغيل POT LIFE وهي حوالي ٣٠ دقيقة عند ٢٠°م وتزيد أو تقل حسب انخفاض أو ارتفاع درجة الحرارة ، وتدهن طبقات الإيبوكسي بفواصل زمنية ١٢ ساعة بين كل طبقة عند درجة ٢٠°م، ويجزن الإيبوكسي في عبوات مغلقة لمدة عام واحد .

- ٥ - دهان الحديد لحمايته من الصدأ أو التأكل .
 - ٦ - عمل سطح نهائي للأرضيات بطبقة صلبة عالية التحمل مقاومة للصدمات والبرى والكيمويات .
 - ٧ - دهان المنشآت المائية لزلها وحمايتها من نفاذية الماء .
 - ٨ - دهان الأرضيات بطبقة مانعة لتكوين الأتربة والغبار ANTI DUST ويجدر بنا هنا أن نوضح أنه يمكن استخلام نوع واحد من الإيبوكسي في أكثر من غرض ويجب لذلك مراعاة إرشادات الشركة المنتجة .
- المواصفات الفنية للإيبوكسي العازل :



تدهن طبقات الإيبوكسي بالبرشلة متعامدة في الاتجاهين الرأسى والأفقى

- ٢ - يخلط مركبي إيبوكسي برايمر غلظاً جيداً بعد مرور ٦ ساعات على الأقل من دهان البرايمر ويدهن على السطح بالفرشاة أو الرولة أو مسدس الرش .
- ٣ - تدهن الطبقة التالية من إيبوكسي برايمر متعامدة على الطبقة الأولى بعد مرور ساعة على الأقل .

حماية الأسطح الخارجية

نظراً لوجود مؤثرات خارجية مثل الأمطار والرطوبة والبرودة شتاء والرياح وما تحمله من أتربة وغازات ومياه بحر في البلاد الساحلية والحرارة صيفاً لذلك يجب عمل حماية للحوائط الخارجية من هذه المؤثرات ولكن يجب وضع هذه الحماية بالدهانات أو خلاصه في وقت الجفاف لأنه لو وضعت هذه الحماية في وجود رطوبة داخل الحائط فسيظل الحائط رطباً ، ويمكن لهذه الرطوبة أن تؤثر في طبقة الحماية وتتلفها وأول حماية تمثل طبقة البياض أو التكسية أو خلاصه يجب أن تتم حسب المواصفات وأصول الصناعة من ناحية المواد وما يلزم لإنهاء الحائط ويجب أن تكون مادة الحماية التي يدهن بها الحائط تكون طبقاً للمواصفات ومنها ما يلي :

(ب) إيبوكسي برايمر :

عبارة عن مركبين (أ) ، (ب) بنسبة ١:٢ بالوزن ، حاوى على مركبات محللة لتخفيض اللزوجة وفترة تشغيل ٦٠ دقيقة عند ٢٠°م ويمكن من الدهان فوقه بعد ٦ ساعات ويجزن في عبوات مغلقة لمدة عام واحد ويتميز بالقدرة على التشرب في الفشرة فيقوياً ويجعل طبقة الإيبوكسي المدهونة فوقه أكثر تماسكاً بالسطح الخرساني إذ يفضل دهانه قبل طبقة الإيبوكسي .

بند (١٥) - العزل بمادة إيبوكسي برايمر :

بالتر المسطح : توريد وتنفيذ دهان عازل من إيبوكسي برايمر عبارة عن طبقتين متعامدتين تسبقهما طبقة دهان تحضيرية من إيبوكسي برايمر مخفف والفتة تشمل وعملاً عليها نظافة السطح تماماً من الأتربة والزيوت والشحومات .

وتتم خطوات التشغيل كالآتي :

- ١ - يخلط مركبي إيبوكسي برايمر المخفف غلظاً جيداً (برايمر) ويدهن بالفرشاة أو مسدس الرش أو الرولة بعد نظافة السطح الخرساني جيداً .

ثانياً : الطبقات العازلة للحرارة

وتتلخص الطبقات العازلة للحرارة باختصار في البنود الآتية :

- التغيرات الحرارية :

يختلف تأثير وحدات البناء بأنواعها المختلفة بالتغيرات الحرارية تبعاً لنوعية الوحدة ومدى التغير في درجة الحرارة . ويؤدي التأثير إلى حركة طولية متتابة تؤدي إلى التمدد عند ارتفاع درجة الحرارة ثم الانكماش عند انخفاضها نتيجة تسرب الحرارة المحتزنة بالإشعاع وينتج عن هذه التحركات جهوداً تؤدي إلى تشقق في غياب الاحتياطات المناسبة .

- يحدث التغير الحراري خلال ساعات اليوم وكذلك موسمياً :

ويختلف تأثير الحوائط لهذا التغير تبعاً لسرعة حدوثه . ورغم أن فروق الحرارة الموسمية أكبر من التغير اليومي . إلا أنه يحدث على فترة أطول لذلك فإن تأثيره يكون أقل .

- يزيد من نتائج تعرض الحائط للحرارة أن سطحها الداخلي يكون أقل تأثراً ويقاوم حركة السطح الخارجي كما أن بعض أجزاء المنشأ تكون أكثر تعرضاً من غيرها كالدرابز والأسطح النهائية .

- تعتمد الحركة الحرة التي تحدث في الحائط بعد إنشائه . علاوة على مدى التغير في درجات الحرارة على درجة الحرارة المبدئية لوحداث البناء عند الرص والتي تتغير تبعاً لتغير فصول السنة والظروف الفعلية خلال وقت البناء وكذلك على الفترة الزمنية بين حريق الوحدات واستعمالها ويحدث التغير في الاتحادين الرأسى والأفقى .

- يتحدد معدل تغير حرارة المادة وبالتالي معدل الحركة تبعاً للسعة الحرارية للمادة thermal capacity وتمثل في كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة وحدة حجم من المادة درجة مئوية واحدة ، وكلما زادت السعة الحرارية لمادة بناء الحائط زادت كمية الحرارة التي يجب أن تمتصها الوحدة لتتغير درجة حرارتها بقدر معين .

وترتفع درجة حرارة وحدات البناء ذات السعة الحرارية المنخفضة أكثر من غيرها وتعتمد بشكل أسرع .

ويوضح الجدول التالي التغير الطولي لوحداث البناء والمونة نتيجة تغير درجة الحرارة :

للمادة	معامل التمدد الطولي/ درجة مئوية
وحدة بناء طافية محموة	من ٤ إلى ١٠.٠٨ × ١٠ ^{-٦} (توقف على نوع الطلاء)
وحدة بناء إسمنتية	من ٧ إلى ١٠.١٤ × ١٠ ^{-٦}
وحدة بناء جيري رمل	من ١١ إلى ١٠.١٥ × ١٠ ^{-٦}
مونة خرسانة مسلحة	من ١١ إلى ١٠.١٣ × ١٠ ^{-٦}

- دهان الواجهات بالمواد الأكريليكية : acrylic paints

١) الدهان بمادة الأكريليك توفر حماية ممتازة ضد الرطوبة والأمطار والعوامل الجوية المختلفة كالتآكل والكيمويات والري وهو من المواد الحديثة التي نجدها في عديد من الصناعات المعمارية كطلاء البانيوتات والأبواب الصحية والأثاث وقد دخلت هذه المادة في المجال المعماري .

٢) يوجد دهانات أكريليكية شفافة ممتازة وتعمل على حماية الواجهات وتدهن بالفرشة أو بالرش بالكيموسر العادي أو الكيموسر الهوائي أو الرولات وقد دخلت مشتقات الأكريليك في صناعة البويات والمواد العازلة والمواد اللاصقة والبويات كما تستخدم في دهان جميع أنواع الأسطح الخرسانية أو الجبسية أو الأسبستوس أو الخشبية وتوفر لها حماية جيدة .

٣) في الأماكن التي ليس لها ماء متوفر لرش الخرسانة وعمل ال curing يمكن دهان سطح الخرسانة بعد الصب بمحلول ٤٥ دقيقة أو رشه ، وبهذا يستغنى عن المعالجة بالماء وذلك بسبب أن المياه الداخلية لن تتمكن من التبخر إلا بعد فترة من الوقت .

- دهان الواجهات بمشتقات السيليكون : silicon paints

١) هذه المادة شفافة ذات لزوجة منخفضة وهي عديمة اللون وتساعد على تسرب الرطوبة الموجودة بالواجهات وتدهن بالفرشة أو بالرش ويعتبر استخدام مشتقات السيليكون لحماية الواجهات من أكثف طرق الحماية ولا بد من نظافة الواجهة جيداً من الأتربة العالقة بها قبل استعمال هذه المادة بطريقة الدهان مع ترميم أى جزء يحتاج للترميم .

٢) يدهن بهذه المادة جميع أنواع الأسطح الخرسانية والبياض والطوب والحجر والآثار ومن خصائص هذه المادة أنها تحمي الواجهات من جميع العوامل الجوية وخاصة الأمطار حيث إنها تطرد قطرات المياه المتساقطة عليها .

- الدهانات بالمواد الأستينية العازلة :

١) هذه الدهانات عبارة عن مركبات كيميائية تضاف إلى الأسمنت مع لدائن ومواد مالئة وكوارتز مع الإضافات الكيماوية الخاصة بمنع نفاذية الماء ويكون في صورة بودرة يضاف إليها الماء مع التقليب الجيد بنسبة تتراوح من ١٥٪ إلى ٢٠٪ .

٢) يجب إتمام النظافة الكاملة للسطح المراد دهانه مع الترميم للأجزاء المتساقطة ثم يتم فرد المادة المجهزة بالبروة أو الفرشة أو بالرش ويتم دهان السطح المراد حمايته وجهين متعامدين ويفضل أن يكون السطح رطباً قبل الدهان وتصلح هذه المواد لحول الأرضيات الخرسانية والمنشآت الخرسانية عموماً والسفود ومحطات القوى الكهربائية والمنشآت البرولية وأساسات وأعمدة أجسام الكبارى الخرسانية ويجب العناية التامة عند دهان هذه المادة على الأسطح .

٧) طبقة عازلة للحرارة من الأستروبور : Extruded**Polystyrene**

وهي عبارة عن ألواح خفيفة لونها أبيض وأزرق فاتح وكتافات مختلفة تبدأ من ١٧ حتى ٦٠، ومقاس اللوح ٢×١ والسلك الشائع هو ٥، ٥، ٧، ١٠، ١٥ سم وهذه الألواح ترص فوق الطبقة العازلة للرطوبة ويجب دهان وجهين بيتومين فوق الطبقة العازلة للرطوبة ثم ترص الألواح .

٢) يتم تقفيل الفواصل بين الألواح بمونة غير منكمشة ثم بشرط لاصق عريض أو بالماسستيك المطاطي .

٨) طبقة عازلة من البولي ستايرين :

يصنع بطريقة البثق ويصنع عن طريق البثق باستخدام غازات عازلة للحرارة مع مادة البولي ستايرين وبشكل على شكل ألواح ويوضع على السقف فوق الطبقة العازلة للرطوبة .

٩) طبقة عازلة للحرارة من منتجات الزجاج الحلوية : وهي عبارة عن ألواح بأسمك تتوافر من ٢٠ سم إلى ١٢٠ سم وتشتعل فوق طبقة من البيتومين .

١٠) طبقة عازلة من المواد الفينولية الرغوية :

المواد الفينولية الرغوية المصنعة على شكل ألواح ورفائق وتكون مطابقة للمواصفات البريطانية BS-3927 ولا تقل سماكتها عن ١٢،٥ سم وتصلح لعزل الحرارة حتى ١٣٠° .

١١) طبقة عازلة للحرارة من بلاطات الصوف المعدني :

تربط بلاطات الصوف المعدني بمادة رابطة مناسبة لتكوين بلاطة مثبتة وتكون مطابقة للمواصفات البريطانية BS-3958

١٢) طبقة عازلة للحرارة من الألياف الزجاجية :

تكون الألياف الزجاجية لا فلزية وغير عضوية والمعروفة بالألياف المعدنية وتكون مطابقة للمواصفات البريطانية BS-3958

١٣) طبقة عازلة للحرارة من الحبيبات المعدنية :

وهي تتكون من البرليت وهو زجاج بركاني خامل ممدد بعملية تسخين خاصة ومعالج بسيلكون غير قابل للالتصاق حيث تكون النتيجة تاج خفيف الوزن من مادة حبيبية بيضاء يمكن تناولها وصحبها بسهولة وتعتمد ناقلية الحرارة الخاصة بها على الكثافة ودرجة الحرارة المحيطة وهذه المادة لها مقاومة الاشتعال مع نقطة انصهار عند درجة ١٢٠٠ درجة مئوية .

١٤) طبقة عازلة للحرارة من الميكار (ركام فخاري ممدد

خفيف) :

تكون هذه المادة على هيئة عقد كروية صغيرة من الفخار الممدد ذات مسطحات مزججة يتم إنتاجها بالتحاد مادة كيميائية للتمدد في الفخار وذلك قبل تكوين العقد الكروية هذه المادة لها تقريباً نفس الخواص الموصوفة سابقاً للبريت .

- ليس من الضروري الأخذ في الاعتبار تأثير الحرارة من جمد وانكماش في الحسابات الإستاتيكية فيما عدا الحالات التي تكون فيه الإجهادات الناتجة عن الحرارة ذات تأثير ملموس . وفي هذه الحالة يجب مراعاة عمل فواصل للحركة لتقليل تأثير التمدد والانكماش وتقليل تأثير أية إجهادات وتشكيلات غير مرغوب فيها يمكن أن تنشأ عن هذه الحركة .

وسنذكر بعض المواد المستعملة في العزل الحراري بإيجاز شديد :

وتلخص الطبقات العازلة للحرارة باختصار في التود الآتية :

١) طبقة عازلة للحرارة من الأممنت الرغوي (السيلون) :

وهي مادة مكونة من الأممنت ومادة رغوية بحيث يصعب الخلط. ذا خلايا مسامية جوفاء مع بعضها وتوضع هذه المادة فوق الطبقة العازلة للرطوبة وتفرش على السطح بسلك من ٥ إلى ٧ سم .

٢) طبقة عازلة للحرارة من ورق الكرافت :

تتكون من ورق الكرافت والأواح البلاستيك الممددة ويتم بوضع ورق الكرافت الثقيل ثم طبقة من البيتومين المؤكسد ثم تلصق برص ألواح البلاستيك الممددة على السطح .

٣) طبقة عازلة من خرسانة الفيروموكليت :

تتكون من ١ م^٢ فيروموكليت ومائة كجم أممنت ويفرش بسلك متوسط ٧ سم بحيث يكون أقل سمك عند الميزاب ٥ سم .

٤) طبقة عازلة من براز البقر :

ويستعمل في ريف صعيد مصر وهو نوع رخيص جداً وهو يتكون من جزء جير بلدي + ٣ أجزاء من براز البقر الحديث وتفرش على السطح مكونة بسلك لا يقل عن ٧ سم .

٥) طبقة عازلة من الفلين :

هي عبارة عن ألواح من كسرات الفلين المشبع بالقطران والمضغوط تحت درجات حرارة معينة بواسطة مكابس هيدروليكية ويتم تنفيذه بوضع طبقة من دهان البيتومين ثم طبقة فلين ثم طبقة دهان بيتومين .

٦) طبقة عازلة للحرارة من الطين :

يتم عمل هذه الطبقة من مخلوط الطين والقش بسلك حوالى ١٥ سم ويتم تنفيذه بتقسيم السقف إلى خشوات بمقاس ٢×٢ بجواجز من الطوب ثم يصب الطين والقش ويستعمل هذا النوع أيضاً في صعيد مصر .

عزل الواجهاً من الحرارة

رغوة البوليوريتين :

النطاق المائي وأحياناً تسمى المياه الشعرية وكذلك معدل انتقال المياه خلال الأرض يعتمد على تركيب التربة .

بصفة عامة فإن المياه الجوفية تسبب رطوبة وهذه الرطوبة تضر بصحة الإنسان الشاغل لئلا هذه المباني والأثاث بالإضافة إلى تأثير الأساسات والبيرومات التي تصلها هذه المياه الجوفية ووجود النطاق المائي المتغير أكثر خطورة حيث إنه يتسبب في سحب المواد للمذابة وانكماش التربة تحت الأساسات وذلك بسبب عدم استقرار للمبنى ولذلك يجب بذل أقصى جهد لتخفيض منسوب المياه حتى لا تصل إلى أساسات المبنى .

وتغل مشكلة ارتفاع منسوب المياه الأرضية لم يكن متوقعاً من قبل ولم يؤخذ في الاعتبار عند التصميم وتنفيذ بعض المباني التي أنشئت في الماضي القريب وارتفاع منسوب المياه الأرضية بما تحويه هذه المياه من أملاح ضارة على جميع العناصر الإنشائية المدفونة تحت سطح التربة مما يكون أبلغ الضرر .
(٢) وخاصة على المباني في المناطق القديمة المزدهمة بالسكان بسبب قدم وتأكل شبكات مياه الشرب وشبكات الصرف الصحي كذلك فإن تلف المأهس وعدم إحكام الوصلات بين هذه الأنابيب بعضها بعض وغرف التفتيش بالإضافة إلى رى الحدائق يؤدي إلى تسرب كميات كبيرة من المياه خلال التربة نتيجة لذلك يتكون منسوب مياه أرضى مرتفع وأول ما يعاني من هذه الظاهرة تلك المباني التي تم إنشاؤها منذ فترة طويلة عندما كان منسوب المياه الأرضية منخفضاً وذلك قبل إنشاء السد العالي وكان هذا الارتفاع في مناسيب المياه الأرضية سبباً في غزو المياه لتلك البيرومات خلال كل ثغرة موجودة في المبنى تسمح بتسرب المياه ومن هذا بدأ الاتجاه إلى تخفيض المياه الجوفية .

طرق المنع والحماية (methods of prevention and precation

(١) مستوى الأساسات (foundation level) بقدر الإمكان إما أن يكون أسفل أو أعلى مستوى المياه الجوفية المتوقعة بمعنى أن يتم حفظ الأساسات دائماً إما في جفاف تام أو بلل تام .
(٢) يجب أن يستخدم مواد البناء المانعة للمياه وأن تكون لها قدرة تحمل عالية .

(٣) استخدام سد كام مانع للماء (damp proofing) سواء كان مستوى الأساسات أعلى أو أسفل النطاق المائي للمياه الجوفية فإن الأساسات يجب حمايتها بطريقة أو أكثر من السدود الكائنة للماء وذلك اعتماداً على وضع حالة المبنى .

(٤) مصارف المياه في التربة (soil draining) في منطقة منخفضة في التربة يجب عمل المصارف خلال المبنى قبل الإنشاء خاصة إذا كان هناك احتمال لعمل خطوط الصرف وعمل حجرات تفتيش

هذه المادة ناتجة من تفاعل المركبات التي تحتوي على المجموعات الهيدروكسيلية (البوليول polyal) كحول متعدد الهيدروكسيل مع ثنائي الأيسوسيانات وتمتاز هذه الرغوة بخاصية الالتصاق الجيد لمعظم السطوح بشرط أن يكون خفيفات هذه السطوح نظيفة وخالية من الشحوم ويمكن رش مكونات الرغوة السابقة داخل فراغات أو تجاويف أو على المسطحات المعقدة ذات الأبعاد الثلاثة .

رغوة البوريا فورمالدهيد :

رغوة البوريا فورمالدهيد أرخص النوعين السابقين فهذه المادة أوسع انتشاراً للاستعمال لهذا الغرض ولكن لا يمكن وضعها على المسطحات ويمكن استخدامها لملء الفراغات السابقة التشكيل ولا يمكن استعمالها بين المواد الصماء التي تسمح بنفاذ الماء الناتج عن عملية الرغوة .

مواد التحكم في أشعة الشمس :

(أ) الرقائق المعدنية : من هذه الرقائق الأكثر توفراً هي الرقائق الصفالحية التي تجمع بين خواص العزل الحراري والعاكس وخواص حجز الرطوبة والبخار ويمكن أن يشكل التكوين الصفالحي على طبقتين من البتومين المتوى بالألياف والمخلط بورق الكرافت ثم يغطي من إحدى واجهتيه أو كليهما برفائق الألومنيوم المصقول بحيث تكون السماكة حوالي ٤ رمم ويجب أن تكون هذه الرقائق عند استعمالها مطابقة للمواصفة .

(ب) الدهانات العاكسة للشمس :

هناك عدة أنواع من الدهانات العاكسة لأشعة الشمس بأسماء تجارية مختلفة .

الفصل الثالث

تخفيض مياه الرشح وحماية الأساسات

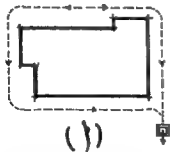
قبل أن نبدأ في دراسة تخفيض مياه الرشح وحماية الأساسات سنلقى الضوء بشرح بسيط للمياه الجوفية والسطحية :

المياه الجوفية :

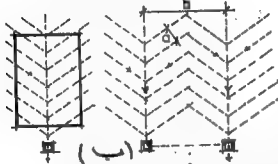
هي المياه الواقعة في طبقة الأرض تحت التربة مباشرة أو مياه السطح وتلك المياه تتدفق خلال التربة مكونة النطاق المائي (المستوى الذي تحته تكون الأرض مشبعة بالماء) وهذا النطاق المائي يختلف في ارتفاع الماء عن مستوى سطح الماء الموجود في الأنهار والقنوات والبحيرات وغيرها وكمية الأمطار الساقطة وكذلك نوع التربة التي يتكون منها الأعماق .

المياه السطحية :

المياه السطحية هي تلك المياه التي تستخدم فوق مستوى



(أ)
طريقة صرف مياه الرش
حول متركة صغيرة



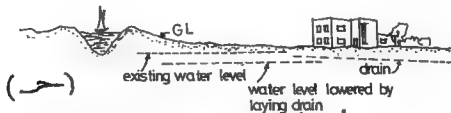
(ب)
طريقة صرف مياه الرش
تحت بدروم صغير
صغير بطريقة الـ herring bone style
المناسبة
طريقة صرف مياه الرش تحت بدروم
في منشأة كبيرة بطريقة الـ herring bone style
المناسبة حيث a لا تزيد عن 10
و b لا تزيد عن 10

وهناك عدة طرق لعمل مصارف المياه وذلك حسب حالة الموقع وأهمية المبنى وطبيعة التربة .

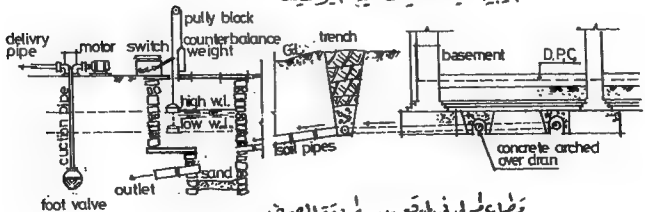
أولاً : نموذج (أ) عمل خطوط صرف بطريقة catch basin وهذه الخطوط تصلح إلى مبانى صغيرة وتكون حول محيط المبنى أو شبكة مواسير مخرمة (صرف مغطى) وهذه المواسير حولها زلط رفيع يحجز الرواسب الداخلة مع المياه وتصل المياه خالية من الرواسب إلى حجرة تفتيش وتسحب منها المياه إما عن طريق مضخة كهربائية أو تكون المجارى العمومية أو على منسوب حجرة التفتيش وهذه الطريقة تعمل بعد إنشاء المبنى .

نموذج (ب) يتم هذا النموذج قبل إنشاء المبنى وطريقة الصرف المغطى أفضل الطرق لسحب المياه وتنفذ بمجر ترشبات عند عمق مناسب أى عمل ميول للصرف ويمكن أن تكون المياه تسرى عن طريق الجاذبية أى عمل ميول للصرف ويمكن تفريفها (أو سحبها لأقرب قناة أو بالوعة وتسمى هذه الطريقة herring bone style) وتحدد المسافة a, b حسب طبيعة التربة أو المسامية ومنسوب مياه الرش .

نموذج (ج) بجواره ترعة دائمة المياه وهو مبنى صغير ويلزم تخفيض المياه أقل من قاع الترعة كما هو واضح فى المسقط الرأسى والقطاع .



(ج)
تسمي طريقة تخفيض المياه بالجوفية



نظام حول فى الموضع سمي طريقة الصرف

تجفيف أرض الموقع :

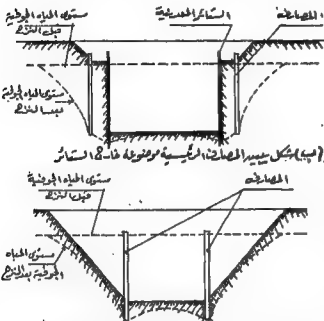
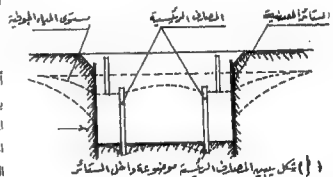
قبل أن تبدأ في تجفيف الموقع يجب اتباع الحاجز بطريقة الستائر المعدنية أو الستائر الخشبية .

وبعد بناء الحاجز الذي يوفر إعداد مكان للعمل بطرق البناء العادية يلجأ إلى تجفيف أرض الموقع حتى يمكن البدء في البناء . إن طريقة التجفيف بترشح المياه الموجودة داخل الحاجز هي الطريقة المستعملة قديماً وهي التي تنحصر على الدهن لأول وهلة هذه الطريقة لم تنجح في جوهرها بمقتضى الزمن إلا في آلات النزع نفسها التي تحسنت باستعمال المضخات ذات القوى الطاردة المركزية أو استعمال المضخات التي تعمل بالهواء المضغوط ، وذلك بتشغيل مجموعة منها على جهاز واحد لهذا الهواء وقد ساهمت هذه الطريقة الأخيرة في تحسين طرق النزع وأمكن بواسطتها رفع مياه النزع إلى ارتفاع ستين متراً وقد أفاد استعمال الهواء المضغوط في تبسيط آلات نزع المياه للدرجة ساعدت على إنزالها في حفر ذات أقطار صغيرة .

إلا أنه قد يحدث أحياناً أن عملية النزع هذه سواء أكانت باستعمال مضخات القوى الطاردة المركزية أو مضخات الهواء المضغوط لا يمكن تطبيقها إذ تصبح كثرة التفجئات إذا ما كان العمل تحت الأرض المشبعة بالماء وذلك لوجود منافذ للماء خصوصاً إذا ما كانت الأرض مفككة إذ تسحب هذه التربة مع المياه كما يحدث في حالة وجود الرمال الناعمة جداً وفي مثل هذه الأحوال تلجأ إلى طرق تلتخص في منع أو تعطيل مصادر المياه بإحدى الطرق الثلاثة الآتية .

١) خفض مستوى المياه الجوفية :

الغرض من هذه الطريقة هو خفض منسوب المياه الجوفية مؤقتاً وحلها إلى منسوب يقل عن منسوب قاع الحفر وتحصل على هذه النتيجة بعمل مصارف رأسية بواسطتها يتم شفط المياه هذه للمصارف توضع في صفوف موازية للستائر داخل الحاجز أو خارجه ويعد المصريف عن الآخر مسافة ١٠ أمتار تقريباً كما هو موضح بالشكل التالي (أ ، ب ، ج) .



(ج) شكل يبين مفيض مستوى المياه الجوفية بواسطة المصارف الرأسية

إن نظام المصارف في داخل الحيز المحصور بالحاجز كما في الشكل السابق (أ) له ميزته إذ أنه يسمح بإتمام الصرف على فترات متعاقبة تبعاً ومتماشياً مع عملية الحفر وهذا يقلل من أطوال المصارف وبالتالي يسهل سحب الماء ويقلل من كمية الماء المنصرف لأن سطح الماء يبقى مرتفعاً خارج الستائر عنه بداخلها إلا أن هذا الاختلاف في منسوب الماء بين الداخل والخارج يمثل بالعكس مشاكل لا تظهر مع وضع المصارف خارج الحفر الوارد ذكرها بعد لأن الستائر تؤثر عليها في أسفلها قوة ضغط أيدروستاتيكي من جهة ومن جهة أخرى فإن أماكن ورود الماء لم تتجنب في حالة عدم الحصول على العزل التام في الستائر نفسها .

أما إذا استعملنا طريقة وضع المصارف خارج الحفر كما في الشكل السابق (ب) فإن الستائر لا تدق إلا بعد خفض مستوى المياه الجوفية نفسها فإذا جاءت النتائج مرضية وكافية فلنأخذنا تقتصد في عمل الحاجز ويمكن إتمام الحفر مع عمل حواجز من الأتربة كما في الشكل السابق (ج) .

طريقة نزع الآبار المرشحة .

إن عملية الصرف المبنية في الشكل التالي تخوض على أنبوبة أسطوانية قطر قطاعها من ٣٠ إلى ٤٠ سم تنزل في الأرض باستعمال أنبوبة أخرى ذات حربة وبقطر ١٠ سم بداخلها يدفع الماء المضغوط هذا الماء يفكك الأرض ويصعد المزيغ في الحيز الملحق المحصور بين الأسطوانتين فإذا وجدت المصارف على العمق الكافي فإن العملية بعدئذ تنحصر في شفط الماء وتخليص الأرض منه .

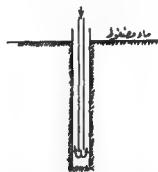
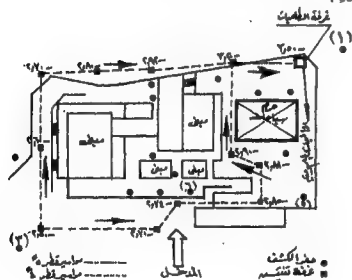
الأمثلة التالية قام بها بعض الأساتذة وسنذكر أجمعهم بالمراجع لمأى كبيرة وكل منهم له رؤية في الحل .
أولاً : مثال لعلاج تسرب المياه الأرضية داخل البدروم الجنى بالجيزة وقت الخطوات كالآتي :

هذا البنى يتكون من بدروم وطابقين أرضى وأول ومبنى بالأسلوب الهيكلى أثبتت الجسات حول المبنى على تربة طينية حتى ٩ متر ثم طبقات من الرمل المتوسط ٣,٥ م وأساسات هذه المباني قواعد منفصلة وأرضية البدروم بمنسوب ٢,١٥ تحت الصفر وتترام المياه بأرضية البدروم حوالى ٢٠ سم ومياه الرشح أثلقت الأعمدة والحواط وقدر وجدت شبكات مواسير المياه متلفة نظراً للعرم الاقراضى والمياه الجوفية ذات نسبة أملاح كلية ذائبة قليلة لا تزيد عن ٦٠ جزء من المليون وقد تم عمل عدد ١٦ حفرة كما هو موضح بالرسم .

الكشف على الأساسات والحواط الخرسانية الساندة :

تم الكشف على أساسات المبنى والحواط الساندة من الخرسانة المسلحة للتحقق على طبيعتها ومطابقة ما جاء باللوحات مع ما هو منفذ فعلاً فى الطبيعة وقد تم التوصل إلى الآتى :
(١) الأساسات عبارة عن قواعد منفصلة تحت الأعمدة والحواط الساندة لها قواعدهما المستمرة والرسم التالى يبين شكل الموقع العام ومواقع الحفر والصرف المغطى حول المبنى .

شكل ميسر البدروم ومواقع هذا الكشف عما فيها الأرضية والاساسات الخرسانية ومواقع الصرف



شكل ميسر طريقة نزح المياه المرسحة

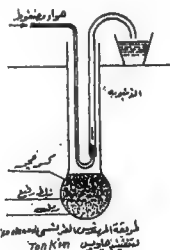
إن المرسح يحتوى على عدة أغلفة مشتركة المركز من النحاس الأصفر مثقوبة مع وجود مواد مرشحة بينها مثل الحصى كما أن الغلاف الخارجى يحتوى على ثقب صغيرة ليحول دون مرور حبيبات الرمل الناعمة .

إن شطف الماء يستلزم إتمامه بكل دقة وعناية فيجب أن يكون بطريقة مستمرة لتجنب الصعود المفاجيء لمنسوب المياه الجوفية التى تؤثر فى توازن الأرض كما أنه يجب كذلك أن تكون شدة الشطف منتظمة فإذا كانت ضعيفة جداً فإن مستوى المياه الجوفية يصعد وإذا كانت قوية فإن الطينة نفسها يمكن أن تسحب فى الطلمبة مما يؤدى إلى تعطلها .

هاويس المهندس الفرنسى M. conteaud

قد لجأ المهندس الفرنسى M. conteaud إلى تنفيذ هاويس فى Tonkin مع استبدال هذه المرشحات بعمل جيب محفور فى قاع المصرف الرأسى بدلاً بالرمل والحصى والحجارة المكسورة كما هو موضح فى الشكل التالى والسحب يتم بواسطة إدخال الهواء المضغوط .

ولإنزال المصرف فإن تيار الهواء المدفوع فى الداخل يعمل على مزج التربة بالماء فتسحب بالأنبوبة إلى الخارج وبعد الانتهاء من حفر المصرف فإن الهواء المضغوط يستعمل فى نزح الماء .



العلاج المقترح :

المقترح من وصلات من المواسير الفخار بقطر داخل ١٠,١٦ اسم (٤ بوصة) وبطول ١,٠٠ متر للوصلة الواحدة مع عمل فاصل قدره ١,٥٠ مستمتراً بين كل وصلة والثالية لها وتحاط تلك وصلات عند نقط اتصاها بماسورة قصيرة (جلبة) من الأسبستوس بقطر داخل ١٥,٢٤ سم (٦ بوصة) وبطول ٣٠ مستمتراً لحفظ استمرارية الميل على طول خط المواسير وتحاط وصلات والجلب عند مواضع الاتصال بطبقة من الزلط والرمل المتدرج بسمك لا يقل عن ٤٠ سم تعمل كمرشح معكوس يسهل عملية تسرب المياه إلى داخل خطوط المواسير عند نقط اتصاها (كما في الشكل السابق جـ من البند ٢) وقد تم تحديد التدرج الحبيبي لطبقة المرشح بناء على التدرج للتربة الأصلية المحيطة به .

ثالثاً : رفع منسوب جميع أرصيات البندوم بمقدار ٢٥ سم باستعمال تربة زلطية حيث تنعدم الخاصية الشعرية فيها على النحو الموضح بالشكل السابق (أ من البند ٢) ويتم التعديل المترتب على ذلك في الأبواب والنوافذ والدرج .

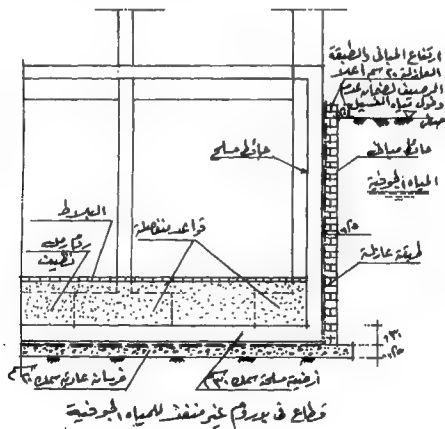
رابعاً : الرسم السابق (ب) بالبند (٢) يبين طريقة تثبيت الطبقة العازلة عند الأعمدة والحائط الساند .

خامساً : الرسم التالي يبين رسماً نموذجياً لقطاع في بندوم غير منفذ للمياه الجوفية .

من الدراسات والأختبارات وتحليل النتائج السابق ذكرها تم اقتراح الأسلوب الأمثل لعلاج هذه الظاهرة ومنع تكرار حدوثها مستقبلاً ، والخلل المقترح يتكون من ثلاثة مراحل تم تنفيذها جميعاً تحت إشراف هندسي كامل ومستمر ويمكن تلخيص هذه المراحل فيما يلي :

أولاً : البحث عن نقط الضعف في شبكات التغذية بمياه الشرب سواء في المبنى نفسه أو في المباني المجاورة وعمل الإحلال والتجديد والإصلاح اللازمة في المواسير والحفاس ونقط اتصال المواسير والتفريعات وخلافه بحيث يتم سد هذه الثغرات مما يقلل من كمية المياه المتسربة إلى أقل حد ممكن .

ثانياً : تنفيذ نظام صرف مغطى يحيط بالمبنى موضوع الدراسة من الخارج لتجميع المياه المتسربة وصحبها في محطة الطلمبات الموجودة بجوار حمام السباحة وبين الشكل السابق بالبند (١) المسار المقترح لنظام الصرف المغطى بما يشغله من خطوط مواسير بالانحدار وغرف تفتيش بحيث لا يتعارض هذا المسار مع سائر المرافق الأخرى مثل خطوط الصرف الصحي والكهرباء والتليفونات وخلافه ويتكون نظام الصرف المغطى



والأعمدة داخل الدور وحى منسوب جلسة الشبايك (أسفل النوافذ) .

- توضع طبقة من الرمل السليسي المتدرج والمخالي من الشوائب والمواد الصارة وتتمك جيباً مع الرش بالمياه ليكون سمكها النهائي ٢٥ سم .

- يصب فوقها بلاطة من الخرسانة المسلحة بسمك ١٠ سم مع استخدام الأعمدة المقاومة للكبريتات وإضافة إحدى المواد الحديثة لتقليل النفاذية على أن تستمر هذه البلاطة الخرسانية في الامتداد رأسياً داخل الدور على أسطح الحوائط الخارجية والداخلية والأعمدة حتى منسوب جلسة الشبايك بحيث تكون قميصاً محكماً ومتصلاً اتصالاً تاماً مع العناية بالزوايا والأركان وعمل أشبار من الحديد لتثبيت القمص الخرساني بمونة الإيبوكسي في الحوائط والأعمدة .

ثالثاً : مثال لتخفيض المياه الجوفية بطريقة الآبار العميقة لمشروع مجارى أبو القوس :

هذا المبنى عرضه ثلاثة أمتار وطوله ١٠٠ م والمراد حفره بعمق ٩,٥ م ومنسوب المياه الجوفية يتراوح ما بين ٤,٥ إلى ٤,٨ م وعليه فإن منسوب المياه الجوفية يقع أعلى من منسوب الحفر بمقدار ٥ م وذلك طبقاً لقراءة البيزومترا وتم عمل اختبار باستخدام بئر قطر ١٦ بوصة وماسورة داخلية قطر ١٢ بوصة وبطول حوالى ٢٤ متر (١٠ متر مسدودة من سطح الأرض وتليها ماسورة مخرمة بطول ١٢ متر ثم ٢ متر ماسورة مسدودة) فى المكان الذى ستركب فيه الطلمبة الغاطسة وقد تم تركيب أربعة بيزومترا تبعد عن بئر الاختبار بمسافات ٥, ١٠, ٢٠, ٤٠ متر لتابعة مقدار تخفيض المياه الجوفية نتيجة لتشغيل بئر الاختبار ، وقد تم تركيب طلمبة غاطسة داخل البئر وتشغيلها وجد أن مقدار التصرف الخارجى من البئر حوالى ١٠٠ م^٣/ساعة وقد تم متابعة تخفيض المياه الجوفية داخل البيزومترا بعد تشغيل البئر بفترة حوالى ٢٤ ساعة وقد أعطيت البيزومترا القراءات الآتية :

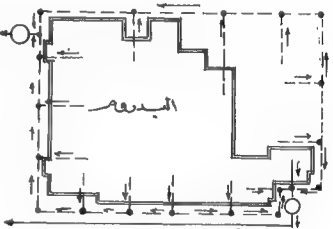
قراءة البيزومترا

المسافة	(متر) ٥	١٠	٢٠	٤٠
مقدار تخفيض المياه الجوفية (متر)	١,٥٠	٠,٨٢	٠,٦٧	٠,٤٠

وتتائج اختبار الضخ مبينة فى الشكل التالى فى صورة علاقة بين المسافة ومقدار تخفيض المياه الجوفية .

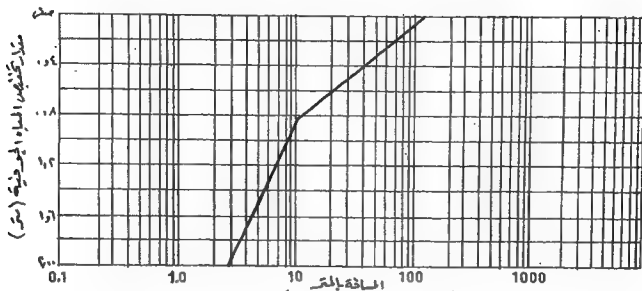
- مجموعة من المطابق الخرسانية خارج المبنى لتجميع المياه من المواسير المثقبة الخافضة . وقد تم تحديد أبعاد وعدد وأماكن تلك المطابق بما يتناسب مع كمية تصريف المياه ومسار شبكة المواسير وتوزيع شبكات المرافق فى محيط المبنى والشكل التالى يوضح مسارات المواسير وأماكن المطابق .

- شبكة مواسير بالانحدار مصنوعة من الفخار قطر ١٥٢,٥ م (٦ بوصات) موضوعة على أعماق أكبر من الشبكة المثقبة الخافضة ومهمتها نقل المياه المتجمعة فى المطابق إلى بيارتين رئيسيتين فى جهتين متقابلتين من المبنى يتم سحب المياه من كل منهما بواسطة مضخة للتخلص منها فى شبكة المجارى العمومية عن طريق خط طرد قطر ٦٠٠ م مع وجود مضخة احتياطية مع كل بيارة كما موضح بالشكل التالى .

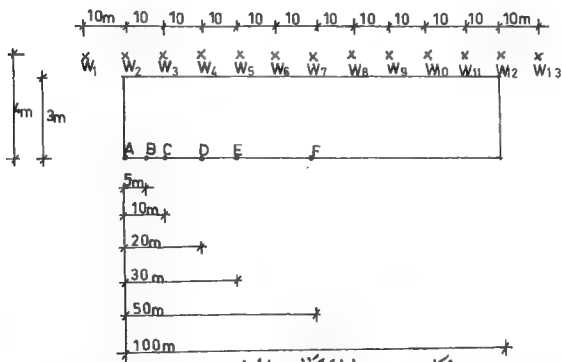


يجب أن تكون وصلات المواسير ونقط اتصالها بالمطابق والبيارات محكمة جيداً لمنع تسرب المياه وكذلك على درجة من المرونة تمنع حدوث كسر أو شروخ بها وقد تم التنفيذ بالطريقة التى شرحت وهناك طريقة أخرى مرادفة ولم تتفد وتتلخص فى التالى .

٢ - أسلوب استخدام المواد العازلة :
- يزال بلاط أرضية الدور بالكامل وما تحته من طبقات حتى يصبح عمق الحفر حوالى ٥ سم تحت منسوب الأرضية الحالية .
- تزال طبقات الدهان والبياض من أسطح الحوائط



شكل يبين العلاقة بين المسافة ومقدار تخفيض المياه الجوفية



شكل يبين ملاحظات تخفيض المياه

- وبالرجوع إلى هذا الشكل يمكن تصميم نظام تخفيض المياه الجوفية باستخدام طريقة التجمع للآبار المتعددة (cumulative drawdown method for multiple wells)
- نظام تخفيض المياه الجوفية باستخدام الآبار العميقة :
- استخدام آبار عميقة مائلة لغير الاختبار كما يلي :
 - عمق البئر من سطح الأرض = ٢٤ متر (١٠ متر ماسورة مسلوذة تليها ١٢ متر ماسورة مخرومة ثم ٢ متر ماسورة مسلوذة) .
 - قطر البئر = ١٦ بوصة .
 - قطر المواسير الداخلية = ١٢ بوصة .
 - الطلمبات المستخدمة لها قدرة على ضخ ٩٠ م^٣/ ساعة عند ضغط مقداره ٢٠ متر عمود ماء وقد تم استخدام مبدأ التراكم
- بالرجوع إلى قطاعات الجسات وطبيعة التربة المعطاة يتضح أن التربة تتكون من سطحية غير منفذة بعمق يتراوح بين ٩,١ متر إلى ١١,٣ متر تحت سطح الأرض الطبيعية وتليها طبقة الرمل الحاوية للمياه الجوفية .. ويعتمد التصميم المعطى هنا على

تصميم زلط الفلتر :

مرات القطر المنفذ لنسبة ١٥٪ من أخشن منحنى للتربة .

(٣) أقصى مقياس لزلط الفلتر = ٧٥ مم .

(٤) يتم رسم منحنى التدرج لمادة الفلتر بحيث تتبع تقريباً

شكل منحنيات التدرج للتربة وبحيث لا يزيد معامل الانتظام ولمادة الفلتر عن ٣,٠٠ .

وتطبيق هذه الشروط فإن التدرج المقترح لمادة زلط الفلتر

يجب أن يكون كما هو معطى بالشكل التالى .

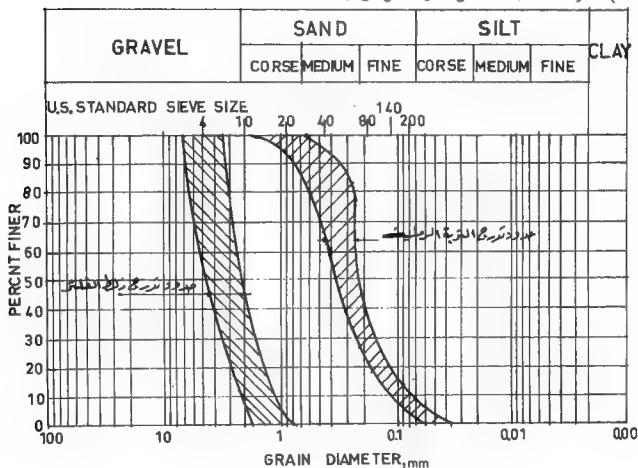
يتم تصميم زلط الفلتر فى هذا التقرير تبعاً للطريقة المعطاة
وهى كالتالى :

- يتم رسم حدود منحنيات التدرج للتربة الرملية التى يتم
سحب المياه منها .

- يتم اختيار مادة الفلتر تبعاً للشروط الآتية :

(١) القطر المنفذ لنسبة ١٥٪ من الفلتر لا تزيد عن خمسة
مرات القطر المنفذ لنسبة ٨٥٪ من أنعم منحنى للتربة .

(٢) القطر المنفذ لنسبة ١٥٪ من الفلتر لا يقل عن أربعة



شكل تصميم تدرج زلط الفلتر

البيزومتريات :

تركيب الآبار بطريقة سليمة .. وفى كل الأحوال يجب عدم
الوصول بالحفر إلى منسوب معين إلا بعد التأكد من أن الآبار
قد قامت بتخفيض منسوب المياه الجوفية فى هذا المكان بمقدار
٣٠ سم على الأقل تحت منسوب الحفر المراد الوصول إليه .
والشكل التالى يبين قطاعاً من البيزومتريات الموصى بتنفيذها .

يجب القيام بتركيب بيزومتريات على الجانب المواجه للجانب
المنفذ فى الآبار العميقة وعلى مسافات حوالى ٥٠ متراً فيما بينها
وذلك حتى يمكن مراقبة منسوب المياه الجوفية ومتابعة عمل الآبار
وكذلك لمعرفة تكوين التربة على طول مسار المجمع للمساعدة فى

- يجب استخدام الماسورة المحرمة بحيث تكون ذات نتوءات بارزة كما بالشكل التالى Bridge-slotted screen .

- يجب أن يتم إنزال ماسورة البئر داخل البئر بحيث تكون متمركزة داخل الغلاف وذلك باستعمال قطع من الحديد تلحم على ماسورة البئر من الخارج ويكون طولها الأقصى مساوياً نصف القطر الداخلى للغلاف مطروحاً منه نصف القطر الخارجى لماسورة البئر .. ويتم تركيب هذه القطع على زاوية ١٢٠ درجة فى المسقط الأفقى ، ويفضل أن يتم تركيبها على مناسيب مختلفة المسافة الرأسية بين كل قطعتين متتاليتين هو ٢,٠٠ متر ويجب أن تكون مواد الفلتر خالية من أى مواد ناعمة .

- ويجب إنزال مادة الفلتر داخل البئر بواسطة قمع ولا يتم إلقاء مادة المرشح من سطح الأرض وذلك حتى يمكن تجنب حدوث انفصال الحبيبات الفلتر .

- يجب تنمية البئر جيداً وبطريقة تدريجية قبل وصله مع خط الطرد .

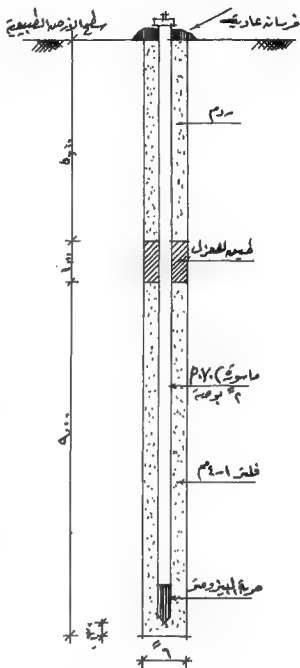
- يجب تخفيض منسوب المياه الجوفية بمقدار ٢٠ سم على الأقل تحت منسوب قاع الحفر .. ويجب التأكد من ذلك عن طريق قراءات اليزومترات التى يتم تركيبها كل ٥٠ متر ويجب عدم الاستمرار فى الحفر إلا بعد التأكد من أن منسوب المياه الجوفية قد تم تخفيضه بمقدار ٢٠ سم على الأقل تحت قاع الحفر المراد الوصول إليه .

- يجب أن لا يقل تصريف البئر عن ٩٠ م^٣/ ساعة ويجب التأكد من هذا التصريف من خلال قراءات عدادات التصريف flowmeters التى يتم تركيبها على الآبار .

- يجب تركيب مصيدة للرمال sandtrab على كل بئر وذلك لقياس محتوى الحبيبات فى مياه النزع والذي يجب أن لا يزيد عن ١٥ جزء فى المليون .. وعند وجود بئر يعطى محتوى حبيبات أكبر من ١٥ جزء فى المليون يتم إلغاؤه وتنفيذ بئر آخر بدلاً منه .

- قبل البدء فى تشغيل نظام تخفيض المياه الجوفية يجب توفير وحدات احتياطية فى الموقع كما يلى :

- يجب تشغيل مولد الاحتفاظ بمولد آخر كاحتياطى .
- يجب توفير طلمبة احتياطية لكل خمس طلمبات عاملة .
- يجب إمداد معدات تخفيض المياه الجوفية بنظام الإنذار الفعال .
- ومن المعروف أن المياه الناتجة من النزع خلال خط طرد من الصلب بقطر ٤٠٠ مم .



شكل مبسطة تقاسمات البئر

توصيات تنفيذ الآبار العميقة :

- يجب إبقاء الغلاف مملوئاً بالماء خلال تنفيذ البئر وتفويض الغلاف يدوياً وذلك لمنع حدوث فوران فى القاع .. ويمكن تحقيق ذلك من خلال استمرار صب المياه داخل الغلاف .
- يجب أن تكون أبعاد البئر ومكوناته كما بالشكل التالى ويجب ألا يزيد قطر الطلمبة الناقسة عن ٦ بوصة وذلك لسهولة تركيب الطلمبات فى قاع البئر .
- يجب أن لا تقل مساحة الخروم فى الجزء المخروم بماسورة البئر عن ٩٪ ويكون مقاس فتحة الخروم هى ١,٠٠ مم ± ٠,١ مم .

32

أولاً- طريقة البناء :

٦ - لا يجوز أن يقل سمك الحوايط الخارجية لأي مبنى عن ٢٥ سم سواء أكانت للمبنى من ذات الحوايط الحاملة أو التي بشكل هيكل من الخرسانة المسلحة أو هيكل من الحديد وذلك في حالة بنائها بالطوب أو الأحجار أو الخرسانة العادية ، أما إذا كانت هذه الحوايط من الخرسانة المسلحة فلا يجوز أن يقل سمكها عن ١٠ سم - وللقصود بسمك الحائط هو سمك المبنى فقط بدون سمك البياض وبدون سمك طوب الكسوة للواجهات الذي يلقى بعد البناء وبدون سمك الكسوة الحجر الصناعي .

٧ - تسرى نفس الاشتراطات المذكورة في البند السابق رقم ٦ على حوايط الأبراج ويجب عند بناء الأبراج مراعاة بنائها حوايطها الخارجية بحيث تقاوم العزوم وجميع الإجهادات كما في الشكل التالي .

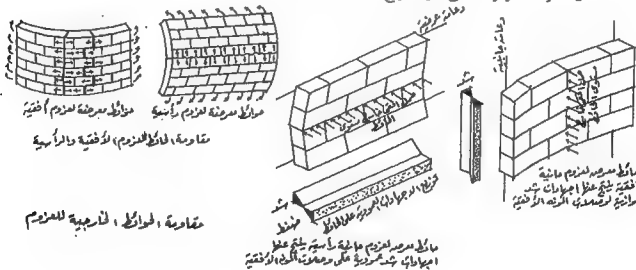
١- تبنى كافة الحوافظ سواء أكانت بالطوب الملاّان أو المفرغ أو القوالب الخفيفة أو الأحجار بشكل مدميك أفقية (ما عدا المباني الدريش القلب) رامة الرياط متشابكة للحمات قاطعة الحل موطنه في المونة ولحاماتها ملاّنة بها وليس بها أى فراغات أو قطع صغيرة مفتتة .

٢ - عند تقابل الحوائط وعند التواصي الخارجية والداخلية وعند تقابل الحوائط بالكتاف وعند بلسقات الفتحات يلزم ربط الحوائط ببعضها ربطاً تاماً ، وفي حالة المباني بالأحجار يجب أن تنى هذه الأجزاء إما بالطوب أو بالحجر الثلاثات أو الدستور المنحوت .

٣ - يجب ألا يزيد بروز أى مدمك من البناء عن المدمك الذى تحته عند عمل البروزات (Corbelling) عن ١/٤ طوبة أو ٦سم بحيث لا يزيد البروز الكلى عن سمك الحائط كما يجب أن تراعى نفس هذه المقامات عند عمل القصص بالأساسات أو الأسفل وذلك فى مباني الطوب ، أما فى مباني الحجر فلا يجوز أن تزيد عن ١٥سم .

٤ - لا يجوز أن يستعمل في الحوائط تحت الطبقة العازلة المعرضة للرطوبة إلا المواد التي لا تتأثر بفعل الرطوبة .

٥ - في الحوائط المزدوجة التي يترك فراغ بين جزئها



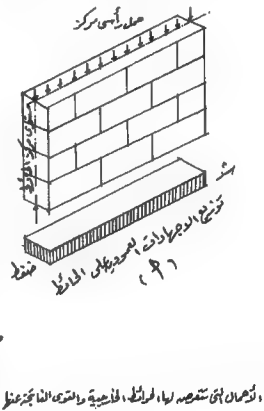
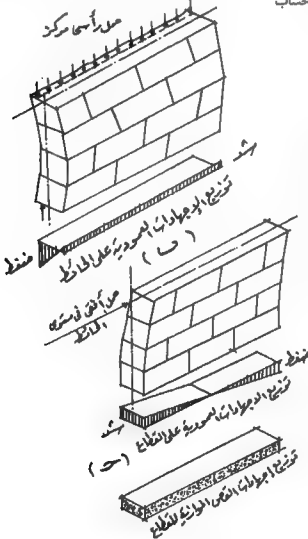
٨ - لا يجوز أن تبنى دراوى البلكونات والحوائط المستعملة درازينيات للسلاط بمسك أقل من ١٢ سم في حالة بنائها بالطوب أو ٦ سم في حالة عملها بالخرسانة المسلحة وفي الحالة الأولى يجب أن تبنى بمونة الأسمنت والرمل بنسبة لا تقل عن ٣٠٠ كجم أسمنت للمتر المكعب رمل .

١١ - يجب ألا تزيد نسبة الارتفاع التصميمي (Effective Height) للموضح بالفقرة ١٣ بعده إلى سمك الحائط أو إلى أصغر ضلع للكتف أو العمود وذلك للحوائط والأكتاف أو الأعمدة الحاملة عن ١٢ مرة ويطلق على هذه النسبة اسم النسبة النحفية (Slenderness Ratio) .

١٢ - تستعمل الجهود المسموح بها للضغط على المبنى إذا كانت النسبة النحفية لأى حائط أو كتف أو عمود لا تزيد عن ٦ وفي الحالات التي تكون هذه النسبة تساوى ١٢ يخفض الجهد المسموح به بمجمله ٤٠٪ فقط من الجهد الأصل وفي الحالات التي تكون فيها النسبة بين ١٢ و ١٤ فيخفض الجهد المسموح به نسبياً بين ١٠٠٪، ٤٠٪ والرسومات التالية تبين الأحمال التي تتعرض للحوائط الخارجية والقوى الناتجة عنها .

٩ - لا يجوز أن تتعرض الحوائط المبنية بالطوب أو الأحجار أو الخرسانة العادية لأى قوى شد أو قص ولا يعتمد عليها إلا في مقاومة قوى الضغط فقط - ويستثنى من ذلك الأجزاء البارزة بشكل قصص في الأساسات أو بشكل بروزات أعلى الحوائط (Corbelling) أو مبانى العقود والأعتاب وفي هذه الأحوال يختار الجهد المسموح به للشد أو القص عبارة عن ١٠/١ من جهد الضغط المسموح به لنفس النوع من البناء .

١٠ - للحوائط الطولية الخارجية المربوطة بحوائط عرضية أو أكتاف مائلة لا تتباعد عن بعض أكثر من ١٢ متراً أو ٤٥ مرة سمك الحائط يمكن أن يخفض ضغط الرياح في حساب



أو كما هو مبين في رسوماتها، الحوائط الخارجية والفتحات الناتجة عن

١٥ - في حالة الأكتاف المتصلة بالحوائط سواء كانت بارزة من جهة واحدة أو من جهتين فإن التي بروزها من جهة واحدة لا يزيد عن $\frac{1}{4}$ سمك الحائط ، والتي مجموع بروزها من الجهتين لا يزيد عن $\frac{3}{4}$ سمك الحائط فتعتبر هذه الأكتاف كجزء من الحائط ، أما إذا زادت البروزات عن ذلك فيحيز ذلك الجزء ككف مستقل مقاسه من وجه الحائط الخلفي حتى نهاية البروز إذا كان البروز من جهة واحدة أو من طرف البروز الخلفي حتى نهاية البروز الأمامي إذا كان البروز من الجهتين .

١٦ - لا يجوز أن يقل سمك الحوائط الحاملة الخارجية للمباني المتعددة الأدوار عما هو مبين بالجدول الآتي مع مراعاة ألا تزيد جهود الضغط الناتجة بها عما هو مسموح به :

جدول يبين سمك الحوائط حتى ستة أدوار فوق الأرضي

ملاحظات	أقل سمك للحوائط بالسنتيمتر							عدد الأدوار
	الأرضي	الأول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	السادس	
يجب ألا يزيد طول الحائط عن ٩,٠ متر والأ يزد سمك الدور الأرضي إلى ٣٨	٢٥	٢٥	-	-	-	-	-	دورين ...
يجب ألا يزيد طول الحائط عن ١٠ متر والأ يزد سمك الدور الأرضي إلى ٥١	٣٨	٢٥	٢٥	-	-	-	-	ثلاثة أدوار ...
ويقال للأدوار ما عدا الأخير إلى ٣٨	٣٨	٣٨	٢٥	٢٥	-	-	-	أربعة أدوار ...
يجب ألا يزيد طول الحائط عن ١٥ متراً والأ يزد سمك جميع الحوائط تحت الدورين العلويين بمقدار ١٢ سم	٥١	٥١	٣٨	٣٨	٢٥	-	-	خمسة أدوار ...
	٦٤	٥١	٥١	٣٨	٢٥	-	-	سنة أدوار ...
	٦٤	٥١	٥١	٣٨	٢٥	-	-	سبعة أدوار ...

١٩ - يجب ألا يقل سمك الحوائط الحاملة الخاصة بالمباني العامة والمخازن وما شابه عما هو مبين في الجدول الآتي مع مراعاة ألا تزيد جهود الضغط الناتجة بها عما هو مسموح به مع مراعاة عمل أكتافها حسب الاشتراطات المبينة بالبند رقم ١٧ وذلك إذا زادت نسبة ارتفاعها إلى سمكها عن المحدد بند رقم ١١ قبله .

١٣ - تحدد النسبة النحفية للحوائط والأكتاف والأعمدة باعتبار أن الارتفاع التصميمي لها هو مرة ونصف ارتفاع الحائط غير المربوط من أعلى ، $\frac{2}{3}$ الارتفاع للحائط المربوط من أعلى وأسفل وباعتباره ضعف الارتفاع للأعمدة والأكتاف غير المربوط من أعلى ، ومرة واحدة الارتفاع للأعمدة أو الأكتاف المربوط من أعلى وأسفل .

١٤ - لا يجوز في الحوائط الحاملة أن يزيد مسطح الفتحات الموجودة بها عن $\frac{2}{3}$ مسطح الواجهة بأكملها ابتداء من منسوب سقف الدور الأرضي حتى منسوب السطح وعلى ألا تزيد نسبة مسطح الفتحات الموجودة بأى دور واحد عن $\frac{3}{4}$ مسطح حائط ذلك الدور وعلى ألا يزيد مجموع عرض الفتحات عند أى منسوب فوق سقف الدور الأرضي عن $\frac{4}{3}$ طول الحائط عند ذلك المنسوب .

١٧ - يطبق الجدول السابق ببند ١٦ للحوائط التي لا تزيد نسبة ارتفاعها التصميمي إلى سمكها عن ١٢ مرة ، أما إذا زادت النسبة عن ذلك فيجب أن يزد سمك الحائط بحيث تستوفى هذه النسبة على أن يزد سمك جميع الحوائط التي تحت الحائط المذكور بنفس نسبة الزيادة- ويمكن أن يستعاض عن الزيادة المطلوبة بعمل أكتاف بارزة كالتيين بالبند ١٥ لاستيفاء السمك المطلوب بحيث لا يقل مجموع عرض هذه الأكتاف عن $\frac{4}{3}$ طول الحائط الأصلي .

١٨ - يجب ألا يقل سمك الحوائط الحاملة الداخلية للمباني المتعددة الأدوار عن $\frac{3}{4}$ سمك الحوائط الخارجية في نفس الدور وبففس الشروط بحيث لا يقل بأى حال عن ٢,٢٥ متراً .

جدول يبين سمك الحوائط الحاملة الخاصة بالمباني العامة والمخازن وما شابه

ارتفاع الحائط بالمتر	طول الحائط بالمتر	السمك عند القاعدة بالسنتيمتر	طول الحائط بالمتر	السمك عند القاعدة بالسنتيمتر	طول الحائط بالمتر	السمك عند القاعدة بالسنتيمتر
٧,٥	-	-	-	٣٨	-	-
٩,٠	لغاية ١٥,٠	٥١	أكثر من ١٥,٠	٣٨	-	-
١٢,٠	لغاية ١٠,٠	٥١	لغاية ١٥,٠	٣٨	١٥,٠	٦٤
١٥,٠	لغاية ٩,٠	٦٤	لغاية ١٥,٠	٥١	١٥,٠	٧٧
١٨,٠	لغاية ١٥,٠	٧٧	أكثر من ١٥,٠	٦٤	-	-
٢١,٠	لغاية ١٥,٠	إذا زاد طول الحائط عن ١٥,٠ متراً			٦٤	-
٢٤,٠	لغاية ١٥,٠	فيجب أن يزداد سمك الجدران من القاعدة			٦٤	-
٢٧,٠	لغاية ١٥,٠	حتى نقطة تحت أصل نقطة فيه مسافة			٧٧	-
٣٠,٠	لغاية ١٥,٠	٥ متر وذلك بمقدار ١٢ سم .			٧٧	-

٢٣ - لا يجوز أن يقل سمك القواطع الداخلية سواء أكانت من الطوب الملاان أو المفرغ أو البوكلات الصناعية عن ١٠ سم للحوائط التي يزيد ارتفاعها عن ٢,٥٠ متر وعن ٦ سم للتي أقل من ذلك، أما إذا كانت من الخرسانة المسلحة فلا يجوز أن يقل سمكها عن ٦ سم .

٢٤ - عند استعمال أى مادة خلاف الخرسانة العادية أو المسلحة في بناء القواطع الداخلية فيجب عمل شداة مستمرة من الخرسانة المسلحة بارتفاع لا يقل عن مدمكين طوب عند منسوب أعتاب الفتحات بكامل طول القواطع أو تقوية القواطع بأكتاف بارزة .

٢٥ - يجب ربط دراوى البلكونات وحوائط درايزينات السلام التي يسمك نصف طوبة بالميكمل الأصل للبنى بواسطة كانات خاصة تثبت في الأعمدة أثناء إنشائها .

رابعاً : الطبقات العازلة للرطوبة والحرارة وحماية المباني من الخارج :

٢٦ - الطبقة العازلة بأرضية الدور الأرضي يجب أن تكون بسمك الحائط وأعلى الرصيف بمقدار ١٥ سم كى لا يتأثر الحائط بمياه التسييل وتكون متصلة من الداخل ، ويجب أن توضع على طبقة من الخرسانة العادية لا تقل عن ١٥ سم إذا زادت مساحة الحجرة عن ١٦ م^٢ وتوضع فوقها لياسة بسمك ٢ سم ثم طبقة البلاطة .

٢٧ - في دورات المياه يجب أن يخفض سقفها ٢٠ سم عن الأرضية ويوضع طبقة عازلة على الخرسانة مباشرة وتستمر رأسياً في محيط الحوائط بمعدل ٢٠ سم فوق منسوب الحجرات المجاورة .

٢٨ - يوضع طبقات عازلة على خرسانة سقف الدور الأخير مباشرة وتستمر رأسياً في محيط الحوائط أعلى بلاط السطح بمقدار ٢٠ سم .

٢٠ - يجوز أن تقل أسمك الحوائط الحاملة الخارجية عما هو مذكور في البنود السابقة في الحالات الخاصة الآتية وبشرط أن تعمل بأكتاف مبروطة مع هذه الحوائط لا يقل مقاسها عن ٢٥ سم في الأركان وكذلك على مسافات لا تزيد عن ٣,٠ متر من المحور للمحور وبشرط أن تبنى الحوائط والأكتاف بمونة الأسمنت القوية .

وذلك في الأحوال الآتية :

(أ) إذا كان للمبنى من دور واحد غير معد للسكن أو العمل به ولا يزيد ارتفاع حوائطه عن ٣,٠ متر ولا يزيد عرض المبنى في اتجاه تحميل السقف عن ٩,٠ متر .

(ب) للأجزاء المبنية فوق الأسطح لتغطية آلات المصاعد أو صهاريج المياه أو ما يشابهها وغير معدة للسكن أو العمل بها وبحيث لا يزيد ارتفاعها عن ٢,٥٠ م ولا يزيد طولها أو عرضها عن ٣,٠ متر- وفي الحالتين السابقتين لا يجوز بأى حال أن تعمل الحوائط بسمك يقل عن ١٢ سم .

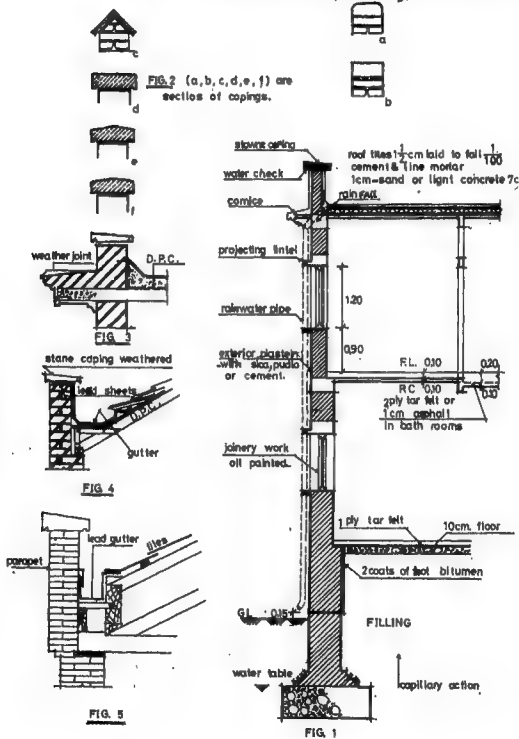
ثالثاً : المباني التي من هيكل خرسانة مسلحة أو من هيكل حديد : (Frame Structures) :

٢١ - في هذا النوع من المباني تنقل جميع الأحمال إلى الأرض بواسطة الكمرات والأعمدة ولا تؤدى الحوائط بين الأعمدة إلا وظيفة الحشو فقط فلا يعتمد عليها بتاتاً في حمل الأوزان .

(٢٢) لا يجوز أن يقل سمك الحوائط الخارجية عن ٢٥ سم إلا إذا كانت من الخرسانة المسلحة فلا تقل عن ١٠ سم مع مراعاة شروط الارتفاع والطول السابق ذكرها للمباني الحاملة على أنه يجوز أن تستعمل في بناء هذه الحوائط المواد الخفيفة كالطوب المفرغ والقوالب الصناعية الخفيفة الملاانة أو المفرغة أو ما يماثلها بحيث تكون غير قابلة للانقلاب .

٢٩- يجب دهان المبنى من الخارج بمادة حماية مثل السيكا .
 ٣٠- الشكل التالى يبين قطاع رأسى فى مباني حاملة وطريقة
 وخلافه لحماية الحوائط الخارجية من المطر والندى فى حالة عدم وضع الطبقة العازلة للحرارة والرطوبة وطرق منع المطر عن وجود بياض .
 الحوائط الخارجية .

الطبقات العازلة
 الشكل رقم ١ : قطاع رأسى لمنطق لربطه عائله ومصلحة خارجية سر سبله السيكا
 ٥/٤/٤٣ : عيبه لرد من المطر والرطوبة والحوائط العازلة



وتستخدم آلات الرفع عند رفعها وهي الأحجار المستخدمة عادة في الأساسات أو في تغطية خنادق الصرف أو في الأعتاب الكبيرة .

- الدبش :

أقل حجماً من حجر الآلة وله مسميات كثيرة تبعاً لشكلها ومقاساتها فمنها الثلاثات العادية والبناري والدبش الفقيم وهو إما دبش عجالي ذو حجم كبير أو حلواني وهو ذو حجم صغير لا يزيد ضلعه عن ٢٠ سم .

- الدقشوم :

ذو حجم أصغر من الدبش يصل إلى حوالي ٦ سم .

- الحصوة :

قطع صغيرة من ناتج ترويض الأحجار تستخدم في ترويض الدبش عند البناء .

- الدمستور :

حجر مشكل قائم الزاوية ولا يقل ارتفاعه عن ٦٠ سم .

- نصف دمستور :

حجر مشكل قائم الزاوية ويكون ارتفاعه من ١٨ سم إلى ٣٠ سم .

- الممناك :

رصة أفقية من الأحجار بارتفاع واحد وهي تكون إما من حجر واحد أو عدة أحجار فوق بعضها .

- التبويزة :

برواز يعمل لتحميد وجه الحجر الغاطس عن سطح الحجر الذي يقطع مستقيماً والجزء المحصور بين التبويزة يسمى « بقجة » .

- السوكة :

هي تقابل سطحين متبيين .

- عرموص المرقد :

هو اللحم في الحوائط الذي يكون موازياً للعرقد الطبيعي للحجر وتنتقل من خلاله الأحمال - أما في الكرائيش فاللحمات يجب أن تكون رأسية .

- الأرسطة :

وهي قطع إما معدنية أو حجرية قوية تستخدم لربط أجزاء المبانى الحجرية ، والأربطة المعدنية والحجرية تكون على شكل مجرى والأرسل تدخل في الأحجار وتغطي بمونة أمتنية وتكون على شكل ذيل بمامة في المسقط .

- الطبقة العازلة :

تستخدم في عزل المياه أو الرطوبة عن المبنى ، وهي إما أفقية أو رأسية وتستخدم في الأساسات والحوائط وأسفل أرضيات الدورات والأسطح .

الفصل الثاني

الإنشاء بالدبش وشروطه

أولاً : مقدمة ومعاريف :

يعتمد البناء بالأحجار على توافر الأحجار بالمنطقة التي سيقام عليها المنشأ وعلى الأنواع المختلفة من الأحجار المتاحة من تلك المنطقة - كما أن البناء بالأحجار يحتاج إلى مهارات وخبرة من العمال الذين سيقومون بتنفيذ هذه الأعمال . وتختلف نوعية البناء بالأحجار ونوعية الأحجار المستخدمة في البناء على نوع المنشأ نفسه واستخدامه .

وللتعريف على المنشأ المبني بالأحجار يستلزم التعرف على مكوناته وأجزائه المختلفة سواء من الأحجار وأحجامها أو طرق استخدامها في البناء (نوعية البناء بالدبش) .

وتلخص هذه الأجزاء المكونة للمبنى بالدبش كالآتي :

- السهل : HEADER :

وهو الحجر الذي يكون ضلعه صغير (عرضه) موازياً للواجهة والضلع الكبير (طوله) عمودياً على واجهة المبنى .

- الحمل : STRECHER :

وهو الحجر الذي يكون ضلعه الصغير (عرضه) عمودياً على الواجهة والضلع الكبير (طوله) موازياً للواجهة .

- السابح : THROUGH STONE :

قطعة حجر تستخدم في ربط وجهي الحائط الحجري ويكون طوله مساوياً لعرض (سمك) الحائط وعمودياً على الواجهة العرموص :

المونة المحصورة بين سطحي حجريتين متجاورتين ويمكن أن يكون رأسياً أو أفقياً أو متجراً مع أسطح الحجر .

- الساية :

الحجر الذي يترك كطرف رابط بين حائطين متقابلين لاستكمال البناء .

- الرباط :

يستخدم في ربط أجزاء المبنى مع بعضها ليكون كتلة واحدة . ويتيج ذلك بجعل العراميس الرأسية موزعة بطريقة لا تسمح بانطباعها على بعض ومساغة الإزاحة عن بعض تتوقف على طريقة البناء ومقاسات الأحجار المستخدمة .

- الرفرفة :

جزء بارز من المبنى يستخدم كارتكاز لفرض إنشائي أو زخرفي ، مثل تحميل المعدات الخشبية الحاملة للأرضيات أو في الكرائيش .

مسميات الأحجار تبعاً لأحجامها :

- حجر الآلة :

وهي الكتل الكبيرة من الأحجار التي يصعب رفعها يدوياً

- التزهير :

هو الطبقة الملحية التي تظهر على الحجر بعد تبخر المياه .
- قاعدة الأراس المدرجة :

وهي تكون بارزة عن وجه الحائط ومدرجة على هيئة قفص لتوزيع الأحمال على الأساسات .
- الحشو أو الشقف :

قطع صغيرة من الأحجار توضع داخل اللحامات لسند الأحجار الرئيسية للبناء وتثبيتها في الوضع المطلوب وقد يتم إظهارها في الواجهة كنوع من الزخرفة - أما حشو قلب الحائط فهو ألبال التي يملأ بها الفراغات الموجودة بين وجهي الحائط وله دور هام في المساعدة على ربط وجهي الحائط بمساعدة المونة وتجويدها جيداً لعدم ترك فراغات بين الدبش .

- الصنح :

حجر مسلوب يستخدم في بناء العقود والأقبية والقباب .
- المفتاح :

(مفتاح العقد سواء المستوى أو الدائري) وهو الحجر الأول للعقد .
- الفخذ :

جزء الحائط الجاور للفتحة (أبواب - شبايك ..) .

- الحجر الرابط :

قطعة حجر مستعملة في ربط وجهي الحائط ومقاسها العمودي على وجه الحائط لا يقل عن ثلثي مسمك الحائط ويتميز هذا الحجر عن الحجر السابع (طوله يساوى كامل مسمك الحائط) .

- الحجر العابر :

قطعة حجر طولها في الواجهة يعادل ارتفاع حجرين أو ثلاثة .

- المدماك الرابط :

مدماك طوب أو حجر منحوت أو بلاطات يبنى في الحوائط الدبش القلب لاتزان الحائط وزيادة قوته .

- المرقد :

الاتجاه الأصلي للتكوين الطبقي للأحجار الرسوبية وتوضع الأحجار على مرقدتها في البناء بحيث تكون الأحمال والقوى العمودية على اتجاه المرقد سواء في الحوائط أو في العقود .

- الوسادة الحجرية :

كتلة حجرية صلبة توضع في المبانى لتوزيع الأحمال المركزة على الحوائط (كمرات الأسقف أو الأرضيات) .
- الكحلة :

ملء العراميس في المبانى بالمونة بالشكل المطلوب .

- رطوبة الحجر :

الرطوبة الطبيعية الموجودة بالحجر بعد قطعه حديثاً من الحجر .

- طرف الرباط :

تسنين (بروز وردود) يترك في البناء لإمكان ربط المبانى المستجدة بعد ذلك في حالة استكمال البناء .

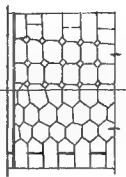
- الصجيرة :

عمل تشكيل في أجزاء من المبنى لمنع تأثير مياه المطر عليه أو إبعاد مياه المطر عن واجهة المبنى .

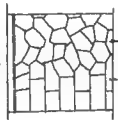
- الحواير :

تستعمل لربط أحجار الدراوى بأحجار الكورنيش والجلسات بالأحجار أسفلها .

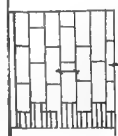
أنواع البناء باللهشت



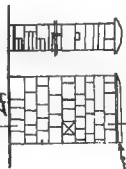
دبسة دبسة
(مفتحة أو شتم)



دبسة دبسة



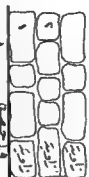
دبسة دبسة
الملاطحة بالزجاجات
= ٣ ملاطحة



ملاطحة
دبسة دبسة
الملاطحة بالزجاجات
= ٣ ملاطحة



ملاطحة
دبسة دبسة
الملاطحة بالزجاجات
= ٣ ملاطحة



دبسة دبسة
الملاطحة بالزجاجات
= ٣ ملاطحة



دبسة دبسة
الملاطحة بالزجاجات
= ٣ ملاطحة



دبسة دبسة
الملاطحة بالزجاجات
= ٣ ملاطحة



دبسة دبسة
الملاطحة بالزجاجات
= ٣ ملاطحة



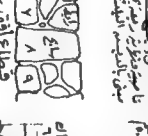
دبسة دبسة
الملاطحة بالزجاجات
= ٣ ملاطحة



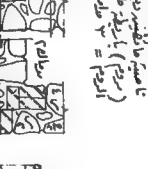
دبسة دبسة
الملاطحة بالزجاجات
= ٣ ملاطحة



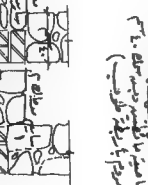
دبسة دبسة
الملاطحة بالزجاجات
= ٣ ملاطحة



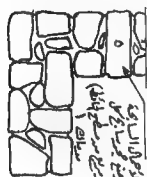
دبسة دبسة
الملاطحة بالزجاجات
= ٣ ملاطحة



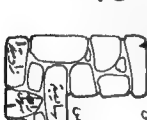
دبسة دبسة
الملاطحة بالزجاجات
= ٣ ملاطحة



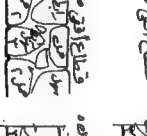
دبسة دبسة
الملاطحة بالزجاجات
= ٣ ملاطحة



دبسة دبسة
الملاطحة بالزجاجات
= ٣ ملاطحة



دبسة دبسة
الملاطحة بالزجاجات
= ٣ ملاطحة



دبسة دبسة
الملاطحة بالزجاجات
= ٣ ملاطحة



دبسة دبسة
الملاطحة بالزجاجات
= ٣ ملاطحة



دبسة دبسة
الملاطحة بالزجاجات
= ٣ ملاطحة

ثانياً : الأنواع المختلفة من الأحجار المستخدمة في البناء :

تنقسم الأحجار الطبيعية إلى الأنواع التالية :

١ - صخور نارية :

وتسمى أيضاً بالصخور المتبلورة وهي التي تكونت من مواد منصهرة ثم تصلبت بالبرودة وأهمها الجرانيت .

٢ - صخور رسوبية :

وهي تتكون من قطع صغيرة (دقيقة) من الصخور تماسكت جيداً نتيجة الضغوط الكبيرة عليها وبمساعدة مواد لاصقة سواء معدنية (حديدية أو جيرية أو جيسية أو سيليسية) وهذه المواد تؤثر على قوة تماسك الصخور وتتكون من طبقات بعضها فوق بعض ومن أهمها :

(أ) أحجار جيرية : ويتكون معظمها من كربونات الجير وبعض السيليكات .

(ب) أحجار رملية : وأساسها الكوارتز متماسكة بالسيليكات أو الألومنيوم (الألومينا) أو كربونات الكالسيوم أو للنجيز أو أكاسيد الحديد وتتوقف مقاومة الأحجار على طبيعة المادة اللاصقة ونسبة المسام بين جزيئات الأحجار .

(ج) أحجار طينية : تحتوى على رواسب عضوية مثل الأحجار الطفلية .

٣ - صخور متحركة : وهي في الأصل صخور نارية أو رسوبية تحولت بفعل الضغط والحرارة الشديدة إلى صخور جديدة تختلف عن الصخور الأصلية مثل الإردواز (في الأصل حجر طيني) .

ثالثاً : خواص الأحجار الطبيعية :

يجب أن تعمل الاختبارات المعملة على الأحجار التي تستخدم في المنشأ وتحدد أنواعها طبقاً لنوعية المبنى الذي سيستخدم فيه هذه الأحجار مثل :

(أ) المظهر الطبيعي للحجر : تسليح الحجر .

يتوقف مظهر الحجر على تكوين حبيباته كالحجم والانتظام والاندماج ، فهي إما متبلورة كالجرانيت والرخام ويمكن ملاحظة البلورة بالعين المجردة وبسهولة أو طباقية مثل الحجر الرمل .

(ب) الصلابة :

تتوقف صلابة الأحجار على صلابة مكوناتها المعدنية وأنواعها فمثلاً :

الطباشير والتلك يخدش بسهولة بالأظفار .

الجبس ، الملح الصخري يخدش بالأظفار .

الكالسيوم يخدش بالمطواة .

الاباثيت يخدش بالمطواة تحت ضغط ولا يخدش بالزجاج .

الفلسبار لا يخدش بالمطواة ويخدش خدشاً خفيفاً بالزجاج .

الكوارتز لا يخدش بالمطواة وجميعها يخدش بالزجاج .

الكوارتز لا يخدش بالمطواة وجميعها يخدش بالزجاج

النوباك لا يخدش بالمطواة وجميعها يخدش بالزجاج

الكورنولوم لا يخدش بالمطواة وجميعها يخدش بالزجاج

الماس لا يخدش بالمطواة وجميعها يخدش بالزجاج

(ج) اللون :

كلما كان اللون منتظماً في الحجر كان الحجر متجانساً

ويتوقف اللون على الخواص الكيميائية والتكوين المعدني للحجر

(اللون البني أو الأصفر) يدل على وجود شوائب من أكسيد

الحديد .

- وأما الألوان : الرمادي والأزرق والأسود تكون نتيجة

وجود مواد كربونية داخلية في تكوين الأحجار . وعموماً -

تتأثر ألوان الأحجار بعد استخراجها من الحجر بالعوامل

والظروف المحيطة بها . كما أن الأحجار المستخرجة من منسوب

أسفل منسوب مياه الرشع فلا يمكن ضمان ثبات ألوانها . وأكثر

الأحجار ثباتاً في اللون هي الأحجار الرملية الداخلة في تكوينها

الأكاسيد المعدنية .

(د) الصقل وقابلية الحجر له :

تتوقف قابلية الحجر للصقل على درجة صلابة ونوع المعادن

المكونة للحجر وتماسكها .

(هـ) الامتصاص (للمياه) :

الامتصاص هو قابلية الحجر لنفاذ المياه ويتوقف ذلك على .

درجة تماسك المسام ببعضها . وأجود أنواع الأحجار هي التي

تقل فيها درجة امتصاص المياه . وبالتالي تجمد المياه داخل

الأحجار ذات المسامية العالية والصقيع يؤدي إلى تقطع الأحجار

للندجة ، فمثلاً أحجار الجرانيت من الأحجار الأقل امتصاصاً

للمياه وتكاد تكون منعدمة والرخام كذلك ، في حين أن الحجر

الرمل والحجر الجيري المسامي والأحجار البركانية فهي أكثر

قابلية لامتصاص المياه ، وعند تسرب المياه إلى داخل مسام

الأحجار قد تذيب بعض الأملاح المعادن بها ويظهر واضحاً على

وجه الحجر ويسمى بالتزهير .

(و) المقاومة للتشمس :

هو الاختبار الذي يجري على الأحجار لمعرفة مدى مقاومة

الحجر للضغوط وأكثر الأحجار مقاومة للضغوط هي الأحجار

النارية ، وأهم العوامل التي تؤثر على هذه الخاصية هي درجة

انتماج الحبيبات المكونة للأحجار ودرجة جفاف الأحجار ،

وعدم تعرضها للعوامل الطبيعية والجوية قبل استعمالها .

(ز) المقاومة للقص :

هذه الخاصية يجب أن تتوافر في الأحجار المستعملة أعلى

(مباني حجر منحوت) وتسمى الأحجار الكبيرة بأحجار الآلة (العجالي) ومقاساتها تتراوح بين $٠,٣٥ \times ٠,٥٠ \times ١,٦٠$ متر إلى $٠,٤٠ \times ٠,٥٠ \times ١,٦٠$ متر وأبعادها منتظمة نوعاً ما ، أما الكتل المتوسطة فتسمى بالدستور ومقاساتها تتراوح بين $٠,٣٠ \times ٠,٣٠ \times ١,٠$ متر إلى $٠,٥٠ \times ٠,٥٠ \times ١,٠$ متر وأبعادها أكثر انتظاماً . أما الثلاثات فمقاساتها بين $٠,٢٠ \times ٠,٢٠ \times ٠,٤٠$ متر إلى $٠,٢٠ \times ٠,٢٠ \times ٠,٤٠$ متر والبناء بالدبش المروم فمقاساته $٠,٢٠ \times ٠,٣٠ \times ٠,٦٠$ متر وتقطع غشيمة والأحجار الخلواني تقل أبعادها عن الروم وتستعمل أحجارها لحشو ظهر الحائط أو قلبه ويكون وجهه منحوتاً والفرش عبارة عن قطع أحجار قليلة السلك تستخدم في ضبط ارتفاع اللدمايك في المباني ذات التكلفة المتوسطة . ويوجد أيضاً النقشوم ومقاساته في المتوسط $٣-٥$ سم ويستخدم في الدكاك الخرسانية في الأرضيات والتبليطات .

كيفية استخراج الأحجار من الحجر :

مقاسات الأحجار المستخرجة من الحجر تتوقف على الطريقة المستخدمة في الحجر لاستخراج هذه الأحجار ويكون ذلك إما بالتفجير العادي وهذا يعطي مقاسات متفرقة للدبش المروم أو بالأسافين أو بالنشر وتحصل بهذه الطريقة على كتل كبيرة من الأحجار أما التفجير الكهربائي فيمكن الحصول منه على كتل كبيرة من الأحجار ثم تقطيعها إلى المقاسات المطلوبة ، وبصفة عامة يجب أن تتم عمليات النحت أو التشكيل للأحجار عقب استخلاص كتل من الحجر مباشرة للارتفاع بالطراوة التي تتوفر في الأحجار في هذه المرحلة .

رابعاً : مكان وطريقة وضع الأحجار في المبنى وطريقة ربطها :

مكان وضع الأحجار وحرصها يتوقف على اعتبارات معمارية وإنشائية فيتم تحديد حجم هذه الأحجار آخذين في الاعتبار العوامل الجوية التي سيتعرض لها المنشأ والأحمال وربط المباني في الطبقات والكرانش والجلسات والنواصي والاكشاف والأعتاب والأعمدة والأساسات وكذلك تأثير العوامل الأخرى مثل البرق والاحتكاك في الدرج والبلاطات والتبليطات وترتبط الأحجار ببعضها بواسطة اللحامات سواء العادية أو التشبيقات بين الأحجار أو باستخدام المثبتات الجيرية أو الأسبستية والمعدنية أو الرصاص للصبوب ، والمهدف من ذلك هو تثبيت الأحجار المتجاورة ومنع تحريكها ونحفظ توازنها كما هو الحال في الكرانيش ومن أنواع اللحامات المذكورة :

١ - اللحامات العادية (رأسية وأفقية) ومنها ما هو ذو شكل خاص مثل الوصلة المستعملة في "نظير الكرانيش لمنع

الفتحات أو أسفلها كالأعتاب والجلسات والكوابيل والسلام . (ح) مرقد الحجر ومكسره :

لاستخراج الأحجار من الحجر يراعى مرقد الحجر وهو الاتجاه الغالب لبلوراته ويسهل فصل هذه الأحجار على هيئة كتل في هذا الاتجاه . أما الاتجاه العمودي على اتجاه المرقد فيسمى بمكسر الحجر ولذلك فالحجر الذي تكون واجهته موازية لمرقد الأحجار يمكن استغلاله إلى أقصى قدر .

(ط) المقاومة للصقيع :

كما سبق وتوضح أن الأحجار تختلف مقاومتها للظروف المحيطة بها سواء مياه أو صقيع - وبناء الأحجار على مرقدتها الطبيعي (أي كوضعها الطبيعي في الحجر) فإن ذلك يقلل من تأثير الصقيع عليها .

(ك) المقاومة للحريق :

الأحجار عموماً قليلة المقاومة للحريق وتأثر بالنيرون والتي تؤدي إلى تفتت الأحجار بسبب اختلاف معاملات تمدد مكوناتها ، وأكثر الأنواع تأثراً بالنيرون هي الأحجار الجيرية سريعة التفتت بفعل النيرون .

(ل) التمدد والانكماش :

الأحجار عامة تتمدد بالحرارة وتكسح بالبرودة ولكن بدرجات متفاوتة . ويجب أخذ ذلك في الاعتبار عند التصميم بعمل الفواصل اللازمة في الحوائط والأسقف .

(م) المقاومة للري :

وهي تختلف عن المقاومة للتيشم والأحجار التي تخبر لمقاومة الري هي المستخدمة في الأرضيات والسلام أو الممرضة للاحتكاك سواء بالمياه أو الرياح المحملة بالأتربة أو الرمال - وتأثر الأحجار بالري بنسبة كبيرة إذا كان ذلك في اتجاه مرقدتها ومن الأحجار المقاومة للري البازلت ثم الجرانيت وأقلها الحجر الرملي والجيري .

مقاسات الأحجار المستعملة في البناء :

تتوقف نوعية الأحجار المستعملة ومقاساتها عادة على نوع الأحجار المتوفرة في الحجر . فمثلاً الأحجار الضعيفة لا يزيد طولها عن ثلاثة أمتار لارتفاعها ، أما الأحجار الصلبة فيفضل الطول إلى ستة أمتار لارتفاعها وعرض الحجر (المرقد) لا يقل عن ١٥ سم ولا يزيد عن $\frac{١}{٤}$ سمك الحائط في حالة الاحتياج للزحل الصوتي والجوي .

طريقة البناء :

تتدرج أحجام الدبش المستعمل في البناء من الأحجار الصغيرة التي يمكن تناولها باليد (مباني الدبش المقلب) والأحجار المتوسطة (نباني الدبش المروم) والأحجار الكبيرة

العزل الصوتي في المباني الحجرية :

يمكن اعتبار الخواص المصمتة سواء الخارجية أو القواطع المبنية بالحجر عازلة للصوت بسبب سمكها وكما زاد سمك الحائط زاد عزلة للصوت كما يمكن بناء الحائط مزدوجاً وهذه الطريقة تزيد من قدرة الحائط على العزل الصوتي . أما الفتحات الموجودة في الحوائط ذات حجم أحجار صغيرة يجب مراعاة عزل الصوت سواء باستعمال عازلات الصوت أو بنائه مزدوجاً .

الإجهادات التي يتعرض لها المنشأ الحجري وأسبابها :

تعرض الحوائط المصمتة سواء الخارجية أو القواطع المبنية بالحجر لعوامل عدة :

(أ) التمدد والانكماش :

ويحدث ذلك بفعل تغير نسبة الرطوبة ويحدث ذلك بدرجة غير محسوسة في الأحجار الجيرية والتارية بينما الرملية فتتأثر بدرجة ضئيلة ولكنها لا تؤثر على سلامة المبنى وقد تحدث بعض التغيرات عند نهاية الجلسات والاعتدال المبنى بالحجر الرمل والمبينة في مباني طوب وذلك لاختلاف درجة تمددها .

(ب) التمدد الحراري :

ويحدث ذلك نتيجة تعرض المنشأ لدرجات حرارة عالية ومعامل التمدد للأحجار صغيرة جداً إذ يتراوح من ٢,٧ إلى ١٦,٢ جزء من المليون لكل درجة حرارة مئوية ولذلك يراعى عمل فواصل تمدد في حالة زيادة طول المبنى عن ٣٠ متر لتفادي الإجهادات التي تنتج نتيجة لذلك ومن نتائجها تفتت أو تقشر الأحجار عند حروفها وقد تصل إلى إزاحة الأحجار على مرقدها وفي بعض الأحيان تصل الحالة إلى حدوث تصدع في الحائط . وكما زاد طول الحائط ظهرت هذه الحالات بصورة أوضح كما تظهر أيضاً عند الفتحات وفي الحوائط القليلة الفتحات تظهر بشكل أوضح من تلك التي تحدث في الحوائط الصغيرة أو متعددة الفتحات ويمكن تلاف ذلك بقوة الأماكن التي ينتظر حدوث شروخ بها مع الإكثار من فواصل التمدد .

الفصل الثالث

أسباب انهيار المباني بالطوب أو الحجر

تمثل مشكلة شروخ المباني عاملاً هاماً خاصة في المباني المقامة بنظام الحوائط الحاملة التي تقام بدون أعمدة خرسانية مسلحة ويكون في هذه الحالة السقف إما أن يكون من خرسانة مسلحة أو خشب أو حديد ونظام المباني القديمة إما أن تكون المبنية من الطوب أو الحجر أكثر عرضة للانهيار لأنها أقدم عمراً من المباني ذات الهيكل الخرساني ولو أنه بعض المباني القديمة التي تزيد عمرها عن مائة عام لازالت متماسكة وتتوقف حالة المبنى على ٣٢٤ الإنشاء والإيجار

تسرب المياه ومن خلال اللحامات إلى داخل أجزاء البناء .

٢ - تخليق عاشق ومعشوق بين الأحجار (اللحام المفصوم والتزريق) وهي المستخدمة في البسطات وصنع العقود المستوية .

٣ - اللحامات المملوغة بالمونة أو الرصاص وتستخدم في ربط نهايات الأحجار الدستور المتجاورة والكرانش تربط بعضها من جانب الحجر بصبب لباني الأعمدة أو الرصاص المصهور من أعلى في مجار تنقر في الحجرين المتجاورين (المتلاصقين) .

٤ - الحواير وفيها يمشق الحجر الذي يملوه ويكون الحواير من معدن لا يصدأ كالبرونز أو من الحجر الصلب كالإردواز وقطاع الحواير إما مربع أو مستدير أو مستطيل والمهدف من استعمال الحواير هو منع الحجر من الحركة ويستعمل في أحجار الصاري الذي يتوسط فتحتين كي يعمل ككتلة واحدة وأحجار الأعمدة وتكنة الكرايش والسلام الحجرية المستديرة .

٥ - باستعمال الكلابات وتستخدم في الأماكن التي تتعرض للشد طويلاً كالطلسانات الأفقية والمائلة وتكون من معدن لا يصدأ كالبرونز على شكل خوص ومقامها بعرض ٥-٦ سم وطولها من ٩-١٨ سم وسمكها من ٦-١٥ مم والجزء المثني والذي يثبت في الحجر يتراوح بين ٤ سم/١٢ سم وتشدط الكلابة ثم يصب عليها القار أو مونة أمتنية والكلابات تكون من الحجر الصلب كالإردواز وبشكل ذيل الحمامة مزدوج ولكنها ليست بقوة المعدنية وتثبت الأعمال المعدنية في الأحجار (الدرايزينات للسلام) بالرصاص المنصهر والمصبوب في تجويف ينقر في الأحجار على هيئة غروظ ناقص ويغطي مكان الرصاص الظاهر بوردة معدنية .

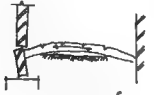
ملحوظة :

يشترط في أحجار الحوائط الرابطة عموماً أن يكون ارتفاعها حوالي $\frac{2}{3}$ طولها ولا يقل عرض مرقدها عن $\frac{1}{3}$ سمك (عرض الحائط) .

الوقاية من الأمطار والرطوبة :

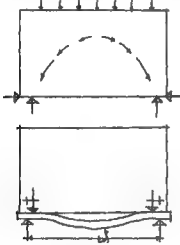
المواد المستخدمة في العزل : الرصاص - النحاس - الزنك - الألمونيوم والخيش المقطرن والبيتومين الساخن وتستعمل طريقة الدسرة عند وصلها .

وتنفذ مياه الأمطار في الحوائط الخارجية إما عن طريق الأحجار ذاتها وطبيعتها أو المونة الملاصقة أو عن طريق الشروخ بالحوائط - ويمكن زيادة مقاومة هذه الحوائط لامتصاص المياه ببياضها أو دهانها بمواد مانعة لنفوذ المياه . والحوائط المبنية بالدهش المقلب أقل الأنواع مقاومة لنفوذ المياه ... أما الحوائط المفرغة (المزروجة) فتعتبر ذات عزل أفضل .



مبنى تأثر بهجوم مياه جوفية كبريتية

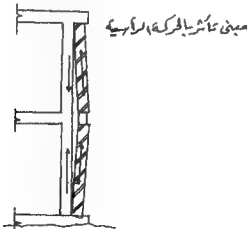
(٧) في المباني متعددة الطوابق ينتقل ارتفاع الإطارات الخرسانية تحت تأثير الأحمال يؤدي إلى انحناء شروخ حوائط الطوب الخارجية المثبتة داخلها وذلك في حالة إذا تم بناؤها في مرحلة مبكرة قبل استكمال الأحمال الميتة والرسم التالي يبين توزيع الأحمال .



توزيع الأحمال

أسباب الشروخ الرأسية في الحوائط الحاملة وعلاجها :
vertical cracks

١ - الشروخ الرأسية تحدث غالباً نتيجة اختلاف الأحمال والإجهادات بين جزئين في المبنى الواحد أو عند عمل امتداد لمنشأ قديم أى تحدث هذه الشروخ في المباني ذات الأحمال المختلفة وتحدث شروخ رأسية في الأركان وذلك بسبب الحركة نتيجة الحرارة في الحوائط المكونة من رقتين كما في الشكل التالي :



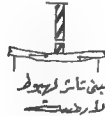
مبنى تأثر بفكرية رأسية

خصائص الطوب فمنها الذى يتمدد بزيادة محتوى الرطوبة والتقلص عند نقصه وكذلك المونة التى تم البناء بها وذلك للأسباب الآتية :

(١) الطوب الأسمنتي يُعتبر الانكماش عند الجفاف من أهم عوامل التغير الحجمي .
(٢) الطوب الأحمر أو الطفلي عندما يزيد محتوى الرطوبة يحدث التمدد ولكن عندما يتبع ذلك نقص في الرطوبة لا يحدث العكس .

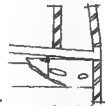
(٣) المونة التى يتم بها البناء فتؤثر على تماسك الطوبة لتكوين الحائط ويتوقف على امتصاص الطوبة للمونة ونسبة الأسمنت في المونة وهل تم التخيؤض جيداً عند البناء أم لا ثم تشبع الطوبة بالماء قبل البناء بحيث لا تأثر المونة وتنجف بسرعة نتيجة عدم تشبع الطوبة قبل البناء .

(٤) ضعف المباني بالطوب لمقاومة الشد وكذلك لو كان هناك تحرك في التربة تحت الأساس ولو كان ضعيفاً بسبب الشروخ وخاصة إذا كان تحركاً محبداً لأسفل أو هبوطاً طرفياً المبنى بالنسبة لوسط أو هبوط الأرضية أو انتفاش التربة في الوسط بالنسبة للأطراف .



مبنى تأثر بهبوط الأرضية

(٥) تمدد الطوب المؤسس على أساسات خرسانية معرضة للانكماش لأنها فوق سطح الأرض وتضع الحائط قيداً على حركة الأساسات وبالتالي تضع الأساسات قيداً على حركة الحائط هنا بالإضافة إلى تجمد المياه المخلطة في المونة وذلك يسبب شروخاً بهما وبالتالي تأثر المبنى بتجمد الأساسات .



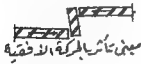
مبنى تأثر بتجمد الأساسات

(٦) تقوس البلاطات الخرسانية المرتكزة على المباني يسبب شروخاً وذلك نتيجة انتفاش التربة أو تجمد المياه أو وجود أملاح وكبريتات أو انكماش في الحوائط العليا أو تأثر المبنى لوجود مياه جوفية كبريتية .

أسباب الشروخ الأفقية في الحوائط الحاملة وعلاجها

تحدث هذه الشروخ لعدة أسباب منها :

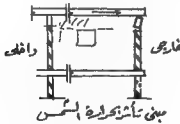
- (١) تحدث هذه الشروخ نتيجة انتفاخ الحائط أى حدوث حركة خارجية المستوى وهذه عادة تكون خطرة أو تأثير المبنى بالحركة الأفقية لأى سبب من الأسباب .



- (٢) عدم تطبيق المواصفات وعدم اتباع أصول الصناعة من حيث رص الطوب آدية وشناوى أو عدم الاهتمام بالمونة أو استخدام طوب غير متساوى أو بإجهادات كسر ضعيفة .
- (٣) شروخ فى الأرضيات تفصلها عن أكتافها بالحوائط وتعتبر خطيرة لأنها قد تتسبب فى سقوط السقف الخرسانى .
- (٤) تمدد الحوائط الممتدة فى نفس الاتجاه مما يسبب شروخاً عند التقاء الحوائط المتعامدة معها فى المسقط الأفقى .
- (٥) شروخ فى أكتاف المبنى نتيجة إجهادات القص وتعتبر شروخ خطيرة لأنها تقلل من كفاءة الكتف فى حمل الأسقف عليه .

- (٦) تصدعات السلم حيث إن درج السلم الباذخانة المحمل كابوى على الحائط ويعتمد متانة السلم على أساس التثبيت الجيد فى الحائط وهذه الشروخ تكون نتيجة هبوط طرف درج السلم نتيجة صدأ الحديد أو ضعف تيبته مع الزمن وهذه الأسباب تؤدي إلى ترخيم التزجة وتتشأ الشروخ الأفقية عند التقاء القلبة ببسطة الدور أو الصلدة ما بين الدورين .

- (٧) شروخ نتيجة تمدد الحرارة وذلك نتيجة حرارة الشمس وعدم وجود طبقة عازلة للحرارة أو الرطوبة فوق الأسقف .

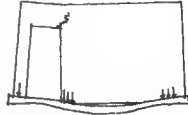


ويم علاج هذه الشروخ بالطريقة الآتية :

- (١) بخصوص الحوائط الحاملة للسلم الباذخانة فيتم علاج هذه الشروخ بتوسعة بعقب وعرض مناسبين ثم إتمام النظافة ويستحسن حقن هذه الحوائط ولا يكفى تزويرها وملئها بالمونة أما درجات السلم فى حالة تفككها من الحوائط فيمكن عمل أعمدة حديدية فى فائوس السلم لحمل السلم عليها عن طريق

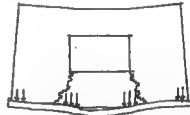
- (٢) المبوط الحذب hogging ينتج عنه شروخ فى أعلى المبنى بالطوب المفتوحة من أعلى عند وجود كمرات رابطة أعلى الحوائط .

- (٣) فى الحوائط الستائرية تحصل الشروخ الرأسية عند ترخيم الأسقف كما فى الشكل التالى :



الحوائط الستائرية - تأثير ترخيم الأسقف

- (٤) نتيجة ترخيم الكمرات يحصل الشروخ الرأسية أو على زاوية ٤٥° عند الجلسات والاعتبار كما فى الشكل التالى :



تكونه الشروخ عند الجلسات والاعتبار

- (٥) وتظهر شروخ فاصلة بين الحوائط المتعامدة على بعضها وتظهر هذه الشروخ نتيجة فصل الحائط الواحد إلى عدة أجزاء وخاصة إذا كان هذا الحائط عمودياً وفى اتجاه الزلازل علماً بأن الشرخ الرأسى الذى يزيد اتساعه عن ١ سم يعتبر خطراً إنشائياً ، ويتم العلاج بالطريقة الآتية :

- (١) الشروخ فى حدود ٣ سم تعتبر رقيقة لدرجة لا تؤثر على قدرة الحائط على حمل الأحمال الرأسية ويمكن إصلاحها بفتح الشروخ وتنظيفها من الفتات ثم ملئه بمونة لانتكشش لا تقل مقاومتها للضغط عن ٤٥-٥٥ كجم / سم^٢ .

- (٢) الشروخ أعرض من ٣ سم يتم حقنها بمونة الأسمنت والرمل المحسنة بالإضافات التى تزيد تماسكها مع الحجر ويقلل انكماشها .

- (٣) الشروخ من ٥ سم : ١٠ سم لا تصلح عملية الحقن وتم علاج هذه الشروخ بتزير قوالب طوب أفقية عمودية على الشرخ ويتم تغليفها بمونة مع الإضافات أو يتم ذلك بفتح شنايش أفقية وتوضع أسياخ تسليح بعمد وأقطار مناسبة ثم يتم ملء الشنايش بالمونة ويمكن استخدام التزير بكبسبات من الصلب .

الميكيلة من أشهر أنواع الشروخ وهي تحدث بين الكمرات الحرسانية والمباني أو بين أى أجزاء حرسانية والمباني المجاورة لها أو بين الأعمدة والمباني .

تكون هذه الشروخ واضحة في الواجهات القبلية وفي الأدوار العليا وتحت الكمرات التي تأخر دور وذلك بسبب تمدد الحرارة والانكماش الذى يتعرض له السقف الأخير وذلك عند عدم العناية بالعزل الحرارى وتحدث هذه نتيجة عدة عوامل منها :-

(١) بخلاف تعرض المنشأ للحرارة مع اختلاف معامل التمدد الحرارى للخرسانة والطوب يصبح سوء المصنعية والتنفيذ عند التقاء المباني بالأعمدة مثل عدم وجود أشبار من أسياخ قطر ١٣م خارجة من الأعمدة لربط المباني بالعمود وعدم العناية بوضع المونة الجيدة وملئها بين العمود والمباني بالمونة المناسبة .

(٢) تحدث الشروخ بين الكمرات والطوب وذلك بسبب عدم التشحيط الجيد ولعلاج هذا يجب البناء قبل صب السقف وهذا أجود أنواع الربط بين الحرسانة والطوب وإذا قدر وتم البناء بعد صب السقف فيجب التشحيط الجيد بخلاف وضع خواير من الخشب توضع بين الطوب والكمرة مع ملو العرموس الآخر بالمونة الجيدة ولا يزيد سمكه عن العراميس التي يبالي الحائط .

ويم علاج هذه الشروخ بالطريقة الآتية :

(١) يتم توسعة الشروخ وتكسير الأجزاء الضعيفة ثم النظافة التامة بالضاغظ الهوائى ثم دهان وجه برايمر إيبوكسى ثم ملء الشروخ بالمونة الإيبوكسية وذلك في حالة الرغبة في علاج هذه الشروخ بالمواد الإيبوكسية .

(٢) في حالة الترميم بالمونة الغير منكمشة يتم فتح هذه الشروخ وإزالة تكسير جميع المناطق الضعيفة ثم التنظيف بالضاغظ الهوائى ثم الطرشة بالمونة المضاف إليها المواد البورمية الرابطة bonding agente ثم الملأ بالمونة مع التأكد من وصول هذه المونة إلى عمق الشروخ .

كمرات وكوابيل حديدية .

(٢) أما الشروخ الانفصالية بين السقف والحوائط التي لا يصاحبها انفصال في كمرات السقف فيجب الاطمئنان أولاً على أماكن ارتكاز هذه الكمرات وسلامتها من التآكل مع الزمن ثم يتم ملء الفواصل بالمونة الأسمتية العادية أما بخصوص إصلاح انفصال الأرضيات عن الحوائط فيمكن فكها وإعادة تركيبها لأنها مرتكزة ارتكازاً بسيطاً على الحوائط ويلزم عمل غدة من مونة قوية أسفل كمرات السقف وتكون هذه الغدة من الخشب أو الحديد لتركز عليها الكمرة .

أسباب الشروخ المائلة في الحوائط وعلاجها :

Diagonal crachs

الشروخ المائلة في هذه الحالة تكون من أخطر أنواع الشروخ وتكون نتيجة اختلاف إجهادات التحميل على أجزاء التربة أو حدوث هبوط غير مكافئ differential settlement .

ويم علاج هذه الشروخ بالطريقة الآتية :

(١) يتم توسعة الشروخ بعمق وعرض مناسبين ثم يتم النظافة الكاملة بالضاغظ الهوائى ثم يتم عمل ترزير بقوالب الطوب وبمونة غير منكمشة .

(٢) ويمكن إقام التكسير وفتح الشروخ بعرض وعمق مناسبين والنظافة ثم يتم عمل الترميم بملء الشروخ بمونة إيبوكسية مناسبة .

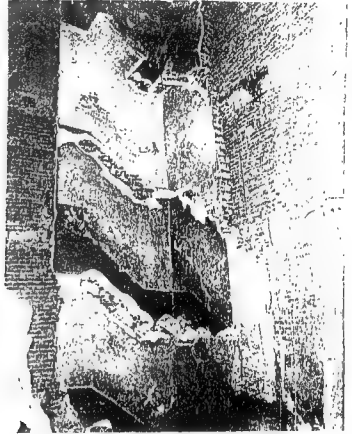
(٣) ويمكن عمل شنايش عمودية على الشرخ بمقاسات مناسبة ثم التنظيف الجيد ثم وضع أسياخ حديد بأعداد وأقطار مناسبة ثم ملء الشنايش بمونة غير منكمشة .

(٤) إذا كان الهبوط الغير منتظم تسبب في انفلاق الحوائط والشروخ الأفقية وصاحبها انهماج في الحوائط أو حركة فيجب صلب السقف وإزالة الحائط التهتك وإعادة بنائه من جديد .

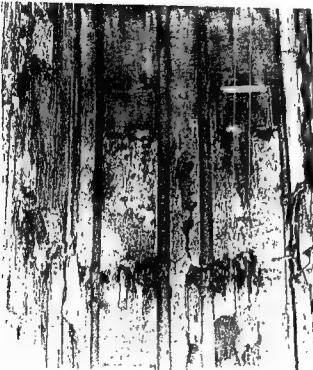
(٥) إذا كانت الشروخ المائلة في جميع الأدوار حتى الدور الأرضى والأساسات فإنه يجب إخلاء المبنى فوراً وعمل الكشف على الأساسات وذلك بعد صلب المبنى صلباً جيداً وعمل تدعيم للأساسات ثم علاج كل شرخ حسب حالته .

علاج شروخ في المنشآت الهيكلية :

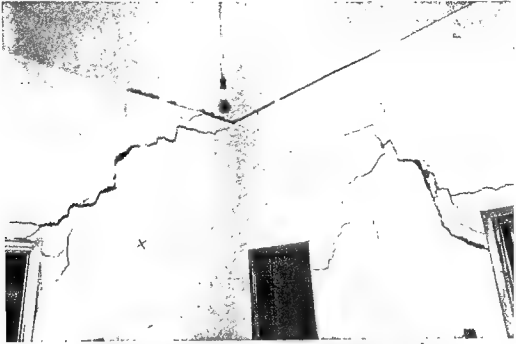
قد يحدث تلفاً بالمباني نتيجة للخدمات أو الاهتزازات أو المياه المتسربة وتحدث بها شروخاً أو تصدعاً أو انهجاً مما يستدعى سرعة الترميم والإصلاح ، ويجب عند الترميم المحافظة على الأعمال القائمة ويشتمل الترميم على إزالة أو فك أو هدم الأجزاء التالفة وإعادة بنائها بنفس النوع والشكل وطريقة الإنشاء وأن تكون المواد المستعملة في الترميم من نفس المواد الأصلية وبفس الخصائص ، والأبعاد والشروخ في المنشآت



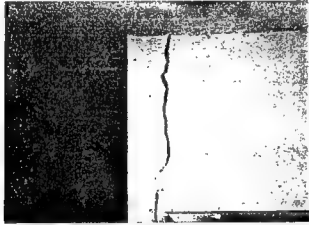
انهيار سلم باذخانة بسبب عدم دخول الدرج بالقدر الكافي في الحوائط وعدم تيبه جيداً



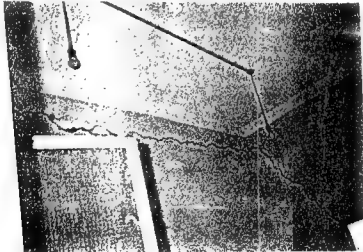
شروخ وتصدعات بسبب الإهمال النافذ عن سوء مصنعية الأعمال الصحية



شروخ على زاوية ٤٥° داخلية بالحجرة بسبب انتفاخ التربة المقام عليها المبنى من الطوب

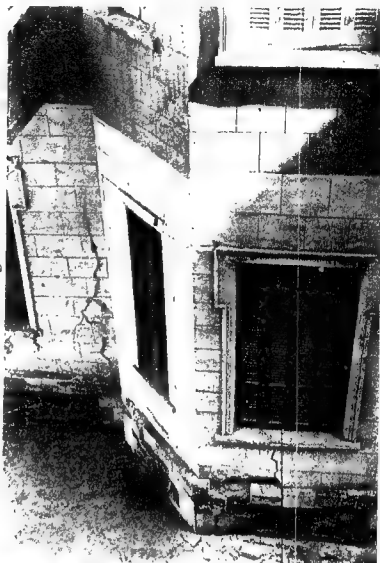


شروخ رأس خارجى فى مبنى من الطوب مكون من دور واحد بسبب الهبوط الغير متوازن فى التربة

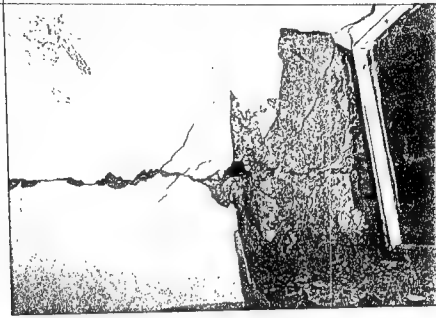


شروخ أفقى داخل الحجرة فى مبنى من الطوب أسفل الكمرة المسلحة بسبب عدم التشعيط الجيد بين الكمرة والمباني

شروخ رأسية بارتفاع الحائط وفوق الأعتاب في
مبنى من الدبش بسبب الزلزال



شروخ رأسية وعلى زاوية ٤٥° في مبنى
من الطوب بسبب الزلزال



شروع في الأعضاء الإنشائية بسبب الهبوط الغير متوازن في التربة

الفصل الرابع

معايير المعاينات لمراقبة أسباب الانهيارات

سبق في الفصل الثاني من الباب الثالث تحت عنوان زيارة الموقع وتنقسم إلى ثلاثة أقسام .

أ - دراسة إجمالية عن المبنى .

ب - فحص المبنى من الخارج .

ج - فحص المبنى من الداخل .

وقد انصبت هذه الدراسة على مبنى واحد يمكن زيارته ونظراً لما استجد بالباب الثامن أعمال البناء وضمن هذا الباب بالفصل الثاني الإنشاء بالدبش وشروطه ، ويتلخص هذا الفصل لوضع مواصفات دقيقة لطريقة البناء وأحجام القطع الحجرية المكونة للحائط وأنواع الدبش الذي يصلح في المبنى ، ولكن وجد عند تنفيذ المبنى بالدبش عدم الارتباط بهذه المواصفات . ويتم البناء بطريقة تعمد كل البعد عن هذه المواصفات ، وكأن المواصفات في واد وتنفيذ البناء بالدبش في واد آخر وذلك للسبب التالي .

- في سنة ١٩٨١ تم بناء عدة مجاورات بمدينة ١٥ مايو بمدة شركات من القطاع العام وتتكون هذه العمارات من دور أرضي وثلاثة أدوار متكررة والمبنى مضممة على أساس حوائط حاملة من الدبش والأساسات عبارة عن قواعد شريطية مستمرة تحت الحوائط الحاملة والأسقف من الخرسانة المسلحة ولكن هذه الشركات لم تلتزم بالمواصفات الفنية وأصول الصناعة لا بالنسبة

لأعمال المبنى بالدبش ولا بالنسبة لأعمال الخرسانات المسلحة وهذه الأعمال مجتمعة تلاحظ بها تجاوزات غير مسموح بها ، وعلى هذا الأساس قد انهارت بعض العمارات وقد تحركت هيئة المجتمعات العمرانية الجديدة وكتبت إلى الشركات المنفذة وقامت كل شركة بانتداب بعض الأساتذة الاستشاريين وهؤلاء الأساتذة قاموا بعمل المعاينة وكتابة التقرير عن الأشياء المعيبة وطريقة العلاج وعندما وصل هذا التقرير إلى هيئة المجتمعات العمرانية الجديدة ودراسته فقد كلفت من جانبها أحد الأساتذة الاستشاريين بعمل معاينة أخرى للتأكد من سلامة التقرير المرسل من الشركات وفعلًا قام هذا الأستاذ الاستشاري بعمل تقرير آخر يعتبر مكملاً للتقرير الأول وزيادة بعض الملاحظات الهامة التي أغفلها التقرير الأول وللأمانة في القول كان كلا من استشاري الشركة واستشاري الهيئة يكتبون بكل إخلاص وأمانة وإن كان هناك بعض الاختلافات في الرأي وكان لكل منهما وجهة نظره ، ولكن التقارير كانت وافية تبين الأسلوب العلمي لمعايير المعاينات لمعرفة أسلوب المعالجة بدقة وأمانة .

- وقعت بمهاجمة هذه الشركات بشدة في الجمعيات العمومية وأخذت هذه المهاجمة مكاتبات والأخذ والرد لا داعي لذكرها ولكن بأمر اللطاف أراد الله أن أكون مشرفاً على بعض هذه المباني في تنفيذ طريقة العلاج وإصلاحها بأحد هذه الجوارات .

- في زلزال ١٢ أكتوبر سنة ١٩٩٢ قام مهندس الأحياء وبعض الاستشاريين بعمل تقرير عن الحالات التي تصدعت

ولكن لم تكن هذه التقارير وافية فرأيت من واجبي ما دمت

ترعّضت بالفصل الثاني من هذا الباب وهو البناء بالدبش أن

أعرض هذه التقارير ، ولم أذكر أسماء الشركات التي قامت بهذا العمل المشين ويجب دراسة هذه التقارير لثلاثة أسباب وهي -

الأول : دراسة الطريقة التي تم بها أسلوب المعالجة ومدى دقتها وتوضيح كل صغيرة وكبيرة في موقع واسع مثل هذه الجاورات .

الثاني : هذه الدراسة تحت في مواقع واسعة ، والمباني متناثرة وكل مبنى له ظروفه في تنفيذه وتصميمه وطريقة الربط بين هذه المباني في تقرير واحد .

الثالث : طريقة العلاج التي أبدت لهذه المباني وكل مبنى مستقل بنفسه وما يجمعها إجمالاً وسنقوم بسرد هذه التقارير كما هي بدون تحريف أو إخلال مع عدم نشر اسم الشركة أو أسماء الأساتذة .

التقرير الأول الصادر من الأساتذة الدكتور الاستشاريين إلى الشركة المنفذة وهو كالتالي .

عملية إنشاء عمارات سكنية بالجورة رقم ٩ مقاولة شركة

أولاً : المقدمة :

هذا التقرير مقدم بناءً على طلب شركة من أجل دراسة سلامة المنشآت التي قامت بها الشركة بالمدينة .

ثانياً : المعالجة :

تمت زيارة الموقع أكثر من مرة لعمل المعاينات اللازمة كما تم الاطلاع على الرسومات المعمارية والإنشائية والتي قدمت بمعرفة شركة وكذا تقرير أبحاث التربة والأساسات .

ثالثاً : توصيف المباني :

- ✱ العمارات تتكون من دور أرضي وثلاثة أدوار متكررة .
- ✱ تصميم المباني على أساس حوائط حاملة من الدبش .
- ✱ الأساسات عبارة عن قواعد شريطية مستمرة تحت الحوائط الحاملة .
- ✱ ما تم تنفيذه حتى الآن هو كما يلي .

عدد

٢٣ عمارة على وشك التسليم الابتدائي .

١٠ عمارات لم يستكمل إنشائها بعد .

٢٣ عمارة تم لبعضها حفر الأساسات وأخرى لم يبدأ العمل بها .

١ - الرسومات :

يتضح من دراسة الرسومات التي تم الاطلاع عليها ما يلي :
١ - هناك بعض التحفظات على بعض الاعتبارات الإنشائية خصوصاً إذا ما روعي عدم سهولة الحصول على العمالة الفنية بالمستوى اللازم لتنفيذ مثل هذه المباني الحاملة .

ب - الرسومات ينقصها بعض التفاصيل لضمان دقة التنفيذ .
ج - يوجد بعض الاختلافات في أشكال التسليح المبينة على المساقط الأفقية والقطاعات وكذا بعض الملاحظات عليها .

٢ - التنفيذ :

أ - مباني الدبش :

- ١ - تم بناء الحوائط بالدبش على طريقة الدبش المروم ولم يراعى بصفة عامة أصول الصناعة في العديد من المواقع حيث استعملت قطع صغيرة من الدبش ولم يملأ بينه بالونة جيداً مما نتج عنه العديد من الفراغات ومن ثم عدم تماسك تلك القطع خصوصاً مع صخر حجمها عن الحد المطلوب .
- ٢ - عدم عمورية الحوائط الحاملة مع الأساسات أو القواعد الشريطية المستمرة في بعض العمارات .

ب - أعمال الخرسانة المسلحة :

- ١ - توجد بعض العيوب ناتجة عن سوء أعمال المصنعات للخرسانة المسلحة من حيث عدم استقامة أو أفقية الكمرات والبلاطات ببعض الغرف والبلكونات ، وكذا دروة البلكونات وقد نتج عن ذلك إما زيادة السمك لمعالجة الميول ومن ثم الأوزان أو نقص في سمك البلاطة في بعض المواقع .
- ٢ - توجد بعض العيوب في أعمال الخرسانة المسلحة لبلاطات الأسقف مما نتج عنه وجود بعض الشروخ في هذه البلاطات وبعض من هذه الشروخ نافذة والبعض الآخر نتيجة فقر الخلطة الخرسانية أو عدم خلطها جيداً أو حدوث انفصال حبيبي أثناء الصب مع عدم وجود غطاء خرساني كاف لحديد التسليح في بعض الأماكن .
- ٣ - تنفيذ السلاط الخرساني في عدد من الوحدات غير مرضي حيث توجد بعض الميول غير الصحيحة وكذلك الكثير من العيوب في الاتصال بين القنابات والبسطة أو كمر الفخذ الموجود بالحوائط .
- ٤ - بعض البلكونات الخرسانية خصوصاً فوق المدخل الرئيسي لبعض الوحدات التي لم يتم تشطيبها يحدث بها بعض الترخيم والاهتزازات الملحوظة عند تعريضها للتحميل خصوصاً مع وجود حركة عليها .

جـ - أعمال التشطيبات :

التقرير الثاني الصادر من الأستاذ الدكتور

الاستشارى لهيئة المجتمعات العمرانية

للرد على تقرير السادة استشارى الشركة

تقرير فسى

عن عملية إنشاء عمارات سكنية ومبانى خدمات

فى مدينة ١٥ مايو بحلوان

بناء على طلب السيد المهندس / نائب رئيس هيئة المجتمعات الجديدة توجهت صباح يوم ٨١/٤/٦ مع أحد مهندسى مكتبنا برفقة سيادته إلى مدينة حلوان حيث انضم إلينا الأستاذ الدكتور استشارى ميكانيكا التربة وذهبنا جميعاً إلى المدينة لمعاينة عماراتها السكنية .

طلب منا معاينة العمارات السكنية للمجاورة رقم ٩ مقالة شركة وقد علمنا أنها تتكون من ٥٦ عمارة مصممة على أن تتكون من دور أرضى وثلاثة أدوار علوية تبنى بالطريقة التقليدية ذات الحوائط الخارجية الحاملة من الدبش سمك ٥٠ سم فى الدور الأرضى ، ٤٠ سم فى الثلاثة أدوار العلوية بها قواطع داخلية من الطوب سمك ١٢ سم . الأسقف والسلام المسلحة ترتكز مباشرة على الحوائط الخارجية الحاملة وكمرات مسلحة تحت القواطع ترتكز بدورها على الحوائط الخارجية .

وتنقسم العمارات السكنية لهذه المجاورة إلى ثلاث مجموعات كما يلى :-

أ - ٢٣ عمارة على وشك التسليم بعضها تم تشطيبه والبعض الآخر تحت التشطيب وهى تتكون من دور أرضى وثلاثة أدوار حسب التصميم .

ب - ١٠ عمارات تحت الإنشاء صدرت التعليمات ببنائها من دور أرضى ودورين علويين فقط نظراً لما ظهر من عيوب فى بعض العمارات التى تم إنشاؤها .

ج - ٢٣ عمارة بدئى فى حفر أساساتها . نظراً لطوب عاصفة رملية شديدة أثناء المعاينة فقد اكتفينا بمعاينة سريعة لبعض العمارات التى تحت الإنشاء وهى الوحدات ج - ٢ ، أ - ١١ ، د - ١٨ على أن تستأنف المعاينة بعد دراسة الرسومات والظروف المختلفة التى أحاطت بالعملية . وقد تبين لنا ما يلى :-

✱ الحوائط الخارجية الحاملة قد بنيت بطريقة الدبش المروم وقد

١ - يوجد فى بعض الأماكن بياض بسمك كبير نسبياً يصل أحياناً إلى حوالى ١٠ سم وذلك نتيجة لعدم استقامة الحائط .
٢ - تلاحظ وجود بعض التميلات أو الشروخ فى أعمال البياض خصوصاً عند وصلات المباني ببعضها .
٣ - وصلات الربط بين حوائط الطوب الأحمر أو أكثاف الطوب الأحمر أو المحاكيات منه مع مباني الدبش غير مطابقة لأصول الصناعة مما ينتج عنه بعض العيوب فى أعمال البياض والتشطيبات .

خامساً : العلاج المقترح :

نقدم فيما يلى الخطوط الأولى من مراحل العلاج ويجرى الآن إعداد باقى المراحل والرسومات التفصيلية اللازمة لذلك وسيم تقدمها مستقبلاً بإذن الله .

١ - من الملاحظ أن عمالة أعمال المباني بالدبش ليست على مستوى الكاف لتوفير السلامة الإنشائية المطلوبة ، لذلك فإنه يجب استبعاد العمالة الموجودة بالموقع حالياً واستبدالها بعمالة على القدر المطلوب من الكفاءة حسب أصول الصناعة ، وفى حالة إمكانية عدم الحصول على العمالة المطلوبة فإننا نقترح تغيير نظام الإنشاء بالحوائط الدبش الحاملة إلى أى نظام آخر ولكن بطريقة الهيكل الخرسانى التقليدى وذلك بالنسبة للعمارات التى لم يتم صب أى سقف خرسانى لها بعد . وبالبالغ عددهم (٢٣) عمارة .
٢ - العمارات التى تمت بها أعمال المباني بالدبش والخرسانات :

✱ عمل اختبار على عينات من الحوائط الدبش وذلك عن طريق حقنها بمونة خاصة ذات لدونة عالية مع قياس كمية المونة المحقونة وإذا قلت كمية المونة المطلوبة لملاء الفراغات الموجودة بالحائط عن $\frac{1}{8}$ م^٢ لكل م^٣ من المباني الدبش فإن الحائط الدبش يمكن اعتباره مقبولاً من الناحية الإنشائية .

٣ - ضرورة التأكد من سلامة الرباط بين الحوائط الدبش والحوائط بالطوب الأحمر عن طريق حقن الأركان .

٤ - ترميم الأسقف التى بها شروخ فى حدود ١ م وذلك باستعمال مونة غير قابلة للاكتماش مع تحميل الأسقف التى يزيد الشروخ بها عن ١ م وذلك بعد ترميمها .

المهندس الاستشارى . المهندس الاستشارى . المهندس الاستشارى
ا.د ا.د ا.د

تحريراً ١٩٨١/٤/١

✱ غنى الشدلت لم تراعى الدقة الواجبة في استوائها أو الالتزام بتنفيذ جميع الوحدات حسب رسومات ملزمة تحوى تفاصيل كافية وأصول يجب مراعاتها .

✱ فقد لاحظنا أن اليد فوق الحوايط - عمق ٢٠ سم فقط وعرض يساوى عرض الحائط ناقص ١٠ سم لتتمشى مع الواجبات - موجودة فوق بعض الحوايط وغير موجودة فوق بعضها الآخر . وحتى لو كانت موجودة فإن أغلب حمل السقف منقول إلى الجزء الأوسط من الحوايط وهو أضعف جزء فيها إذ أنه كما سبق وبيننا ملء بكسر الحجر والطوب وموته قليلة .

✱ ولا يخفى أن وظيفة اليد هي توزيع أحمال الأسقف والحوايط العلوية على الحوايط السفلية الحاملة وكلما كانت الحوايط ضعيفة - كالغاية التي نحن بصدها - وجب أن تكون اليد قوية وبها تسليح كاف ينقل عند الأركان بالدقة الواجبة لتعمل كأطراف أفتي يمنع الحوايط من أى حركة للخارج .

✱ عابنا بعد الكمرات الرئيسية الحاملة ذات العمق الكبير نسبياً فوجدناها توضع على الحوايط الحاملة مباشرة دون عمل خدة تحتها ، صحيح أن هذه لم تظهر على الرسومات ولكن أصول الصناعة يقتضى عملها ، وكان على المقاول والسادة المشرفين تداركها .

✱ وجدنا بعض الدراوى المسلحة للبلكنات وارتفاعها يزيد على المتر بها ميل كبير ملحوظ ، كما لاحظنا اختلافاً كبيراً في بروز جانبي بلكنة واحدة وترجيح بعض أركان هذه البلكنة بشكل ملحوظ وغير مقبول .

✱ لمعاينة إحدى البلكنات فوق المدخل وجدنا أنها تمزج عند الضرب البسيط على طرفها بما يدل على عدم كفاية جساءتها لسبب أو أكثر من الأسباب الآتية :-

ضعف الخرسانة أو قلة سمكها أو قلة تسليحها أو عدم وضعه في مكانه الصحيح .

✱ كما لاحظنا أن بعض الأعتاب فوق الأبواب غير مستوية وبعضها خلو من التسليح .

✱ لم يراع في بعض السلام انتظام ميلها في الاتجاه الطولى أو استوائها في الاتجاه العرضي .

✱ أما الخرسانة فلم تغلف بالباية الواجبة فلا نتخذ أنه كانت هناك متابعة أو اختبارات دورية للجودة . فالظاهر لنا أنها خرسانة ضعيفة وغير كافية وبها تعشيش كثير خصوصاً في السلام حيث يظهر حديد التسليح السفلى خصوصاً بين القنابات المختلفة والبسطات البوبطنى أو بلاطات الأدوار ويبدو من منظر الخرسانة في أماكن التعشيش عدم كثافتها وعدم الاعتناء بدعمها ، كما لاحظنا أن التسليح السفلى للسلام والذي كان من

ظهر لنا جالياً أنه لم يراع في إنشائها أصول الصناعة إذ أن وجهي الحائط الخارجيين قد بنيا بالدبش الطبيعي الغشيش الذي يتراوح سمكه بين ١٠ ، ١٥ سم وقد بنى حيثما اتفق ولذلك فإن كثيراً من الدبش في هذه القشرة الرقيقة لم يين على مرقدته الطبيعي وقد ملء الفراغ الأوسط من الحائط بكسر الدبش والطوب صغر الحجم والغير مسموح باستعماله ولم نلاحظ وجود أى مداميك رابطة في كل ما عابناه وإنما نلاحظ لنا أن كمية المونة التي استعملت في بناء هذه الحوايط وخصوصاً في الجزء الأوسط كانت قليلة جداً .

✱ هذا وإن كانت بعض الأكثاف عند المداخل قد بنيت بحجر الدستور إلا أن هذه الأكثاف مظهر مثل القواطع الداخلية من الطوب لم تتشقق مع الحوايط الحاملة ولكنها منفصلة عنها في كامل ارتفاع الدور .

✱ ليس هذا فحسب إذ أن التجاوز عن أصول الصناعة قد تناول التخطيط واستقامة الحوايط أفقياً ورأسياً فبعض اليد الحاملة للحوايط الرئيسية لم تنفذ جوانبها رأسية مما ترتب عليه عدم انطباق محاور الحائط على محور اليد التي تحملها .

✱ موقع المدينة صغرى ولذلك فإن الحوايط الخارجية لهذه المباني مؤسسة على شرائح مستمرة من الخرسانة العادية تتركز مباشرة على الصخر تعلوها ميدة مستمرة من الخرسانة المسلحة . وترتكز القواطع على كمرات مسلحة محمولة على اليد الرئيسية للحوايط الخارجية وتمثل ظروف هذا الموقع أحسن الظروف الملائمة للتأسيس .

✱ نظراً لما سبق من عيوب جسيمة فقد ظهرت شروخ في بعض الحوايط الدبش عند سطح الأرض (مخدج أ - ١١ مثلاً) كما لاحظنا وجود شروخ قطري من الداخل في أحد حوايط نفس النموذج رغم صلابه طبقة الأساس .

✱ بمعاينة إحدى الوحدات التي تم بيناها لاحظنا أن سمك البياض يصل في بعض الأماكن إلى أكثر من ١٠ سم ورغم ذلك لا يمكن السطح الداخلي مستوياً وبه فروق رأسية في بعض الأحيان وأفقية في بعضها الآخر يصل إلى بضعة سنتيمترات كما كانت أركان بعض الحجرات غير رأسية وفي بعضها شروخ رأسية نتيجة لعدم تشبيك المبانى في الأركان كما لاحظنا وجود شروخ متسعة في بياض سقف إحدى الوحدات (د - ١٨) .

لم تكن أعمال الخرسانة المسلحة للمبانى التي عابناها من سلام وأسقف وكمرات وبلكنات ودراوى وميد وأعتاب إلى آخره أحسن حالاً من أعمال المبانى ، وقد لاحظنا فيها - هي الأخرى - عدم الالتزام بأصول الصناعة إذ إن بها جميع أنواع التجاوزات غير المسموعة سواء في الخرسانة أو صلب التسليح .

✱ يتضح من دراسة الرسومات التي تم الاطلاع عليها ما يلي :-

أ - هناك بعض التحفظات على بعض الاعتبارات الإنشائية خصوصاً إذا ما روعي عدم سهولة الحصول على العمالة الفنية بالمستوى اللازم لتنفيذ مثل هذه المباني الحاملة .

ب - الرسومات ينقصها بعض التفاصيل لضمان دقة التنفيذ .

ج - يوجد بعض الاختلافات في أشكال التسليح المبينة على المساط الأتقية والقطاعات وكذا بعض الملاحظات عليها .

ولنا بعض الملاحظات الأساسية على ما جاء بهذا البند :-
أ - الأرض في هذا الموقع صخرية وهى بذلك تمثل أحسن الظروف ملائمة للبناء ولا يجش فيها من فروق في المبوط وتحمل جهوداً عالية .

ب - مبادئ العمارات السكنية التي نحن بصدد ما أبسط أنواع الإنشاعات التي لا تحتاج في تصميمها لمعرفة خاصة .

ج - المقاول جهاز فنى مسؤل عن سلامة ما يقوم به من إنشاعات سواء من ناحية التصميم الإنشائي أو التنفيذ الذى يجب أن يكون حسب أصول الصناعة .

صحيح أن هناك نقصاً في بعض التفاصيل وأن هناك اختلافاً في أشكال التسليح على المساط الأتقية والقطاعات ولكن التصميم في مجموعه سليم ، وكان لزاماً على المقاول استكمال النص وعمل التفاصيل التوضيحية بحيث ينفذ المبنى طبقاً لأصول الصناعة ، ونحن نعتقد أن المقاول مسؤل عن استكمال وسلامة التصميم الإنشائي ، وكان على السادة المشرفين تبيه المقاول لاستكمال أى نقص أو تفصيل أى غامض أو ضبط أى تفصيل حتى لو أدى الأمر للرجوع إلى المكتب الاستشاري المصمم .

أما ما جاء بالقرار تحت بند ٢ : التنفيذ :

أ - مبادئ الدبش :-

١ - تم بناء الحوائط بالدبش على طريقة الدبش المروم ولم يراع بصفة عامة أصول الصناعة في العديد من المواقع حيث استعملت قطع صغيرة من الدبش ولم يملأ بينه بالمونة جيداً مما نتج عنه العديد من الفراغات ومن ثم عدم تماسك تلك القطع خصوصاً مع صغر حجمها عن الحد المطلوب .

٢ - عدم محورية الحوائط الحاملة مع الأساسات أو القواعد الشريطية المستمرة في بعض العمارات .

ب - أعمال الخرسانة المسلحة :-

١ - توجد بعض العيوب ناتجة من سوء أعمال المصنعات للخرسانة المسلحة من حيث استقامة أو أقبية الكمرات

الواجب أن يستمر فيما بين البسطة وإحدى القلابات قد توقف في هذا المكان الحرج .

✱ ظهرت شروخ في بعض البلاطات موازية لحديد التسليح السفلى مما يدل على أن الغطاء الخرسانى غير كاف وأن الخرسانة مسامية ، ولذلك فإن حديد التسليح قد بدأ يصدأ ، كما ظهرت شروخ أخرى قطرية تبدأ من أركان السقف وهو دليل على ضعف الخرسانة أو قلة التسليح أو كليهما (عمارة ب ١) .

✱ وكانت بلاطات بعض الأسقف ضعيفة بحيث إن سقوط دبشة على السقف أثناء التنفيذ قد خرقتة (نموذج د - ١٨) .

✱ من أغرب ما لاحظناه في بعض العمارات هو وجود آثار لشدة في قاع بعض الميذ فوق الحوائط الحاملة مما يدل على أنه عملت أكتاف فقط من الحوائط ثم شد قاع الميذ بين هذه الأكتاف وحصب السقف ثم استكمل بناء الحائط بين الأكتاف ، وخرتب على ذلك عدم ارتكاز السقف على كامل طول الحائط الحامل له .

عند انتهاء معاينتنا لبعض عمارات المجاورة ٩ توقفنا عند إحدى عمارات المجاورة ٨ مقابلة شركة وكانت تحت التشييد بالطريقة التقليدية وقد وجدنا مستوى التنفيذ مماثلاً لما شاهدناه في المجاورة ٩ .

نظراً لهذه العيوب طلب الجهاز من مقاولي المجاورتين ٨ ، ٩ انتداب بعض المستشارين المختصين بأعمال الإنشاعات لمعاينة المجاورتين وتقرير حالتها واقتراح وسيلة علاج الميذ منها لضمان سلامتها حفاظاً على سلامة الشاغلين لما فطبت الاطلاع عليها إن أمكن .

استلمت رسومات العمارات السكنية للمجاورة رقم ٩ بعد معاينتنا يوم ٨١/٤/٦ كما وصلتنا رسومات المجاورة رقم ٨ وتقارير السادة مستشاري المجاورتين يوم ٨١/٤/٩ فيلداً بدراسة رسومات وتقرير المجاورة ٩ التي عايناً بعضاً من وجدانها .

بالاطلاع على التقرير رقم ١ الخاص بالمجاورة رقم ٩ والمقدم في ٤/١ سنة ١٩٨١ من السادة الأساتذة :- دكتور أستاذ الخرسانة المسلحة بكلية الهندسة جامعة عين شمس ودكتور أستاذ الخرسانة المسلحة بكلية الهندسة جامعة القاهرة ودكتور أستاذ الأساسات بكلية الهندسة جامعة القاهرة وجدناه يكاد يتفق معنا تقريباً في سرد العيوب التي ظهرت في العمارات السكنية ، ونلخص فيما يلي أهم ما جاء به من نقاط مشروعة برأينا على أساس دراستنا لرسومات للمشروع وما عايناه على الطبيعة أثناء زيارتنا للموقع .

جاء بالتقرير تحت بند رابعاً - ملاحظات عامة (الرسومات) .

بطريق الميكمل الخرسانى الثقيلدى وذلك بالنسبة للعمارات التى لم يتم صب أى سقف خرسائى لها بعد والبالغ عددها ٢٣ عمارة .

٢ - العمارات التى تمت بها أعمال مبانى بالدهش والخرسانات :-

عمل اختبار على عينات من الحوائط الدهش وذلك عن طريق حقنها بمونة خاصة ذات لدونة عالية مع قياس كمية المونة المفقودة وإذا قلت كمية المونة المطلوبة للملاء الفراغات الموجودة بالحائط عن $\frac{1}{2}$ م^٢ من المبانى الدهش فإن الحائط الدهش يمكن اعتباره مقبولاً من الناحية الإنشائية .

٣ - ضرورة التأكد من سلامة الرباط بين حوائط بالدهش وحوائط بالطوب الأحمر عن طريق حقن الأركان .

٤ - ترميم الأسقف التى بها شروخ فى حدود ١ م وذلك باستعمال مونة غير قابلة للتكماش مع تحميل الأسقف التى يزيد الشروخ بها عن ١ م وذلك بعد ترميمها .

يتبين واضحاً من هذه القرارات أن السادة مستشارى المقاول غير مطمئنين إلى هذه المباني والتي تمت مبانيها وخرساناتها وتشطيبها دون الالتزام بأصول الصناعة ولذلك طلبوا استبعاد العمالة الموجودة بالموقع حالياً واستبدالها بغيرها ممن يعلمون أصول الصناعة أو استبدال طريقة البناء كلها بمباني هيكليّة من الخرسانة المسلحة هذا وإن كما لاحظنا أن أعمال الخرسانة المسلحة بل وأعمال البياض لم تتم طبقاً لأصول الصناعة مما ترتب عليه ظهور العيوب التى سردناها والتي ستزيد فى المستقبل مع الاستعمال وأن أعمالاً لم تتم طبقاً لأصول الصناعة لا يمكن الاطمئنان إليها . ونظراً لأن سلامتها ضرورية لسلامة شاغليها فإننا نرى أن إجراء تجارب على بعض المساكن - وحتى نجاح هذه التجارب - لا يعنى سلامة جميع المساكن فقد يكون الطبيعي هو رفض مثل هذه العمارات أو على الأقل فإننا نرى أنه من الضروري إصلاح جميع الحوائط بالحقن وتحميل جميع الأسقف وإزالة كل ما يظهر به شروخ تزيد عن ٠,٥ م أو يزيد ترخمه عن السموح .

فى يوم ١٤/٤/٨١ وصلى خطاب رقم ٧١٩ يطلب فيه السيد المهندس نائب رئيس هيئة المجتمعات العمرانية الجديدة منا معاينة الوحدات السكنية بالمجاورة رقم ٨٠٩ وقم وكذلك مباني الخدمات العامة بالمجاورة ٩ .

بناء عليه تم الاتفاق بيننا وبين السيد المهندس وكيل الوزارة رئيس الجهاز بمدينة ١٥ مايو ٨١/٤/٨١ على أن نستأنف معاينة الوحدات السكنية للمجاورة رقم ٩ ومباني الخدمات العامة بها وكذلك الوحدات السكنية بالمجاورة رقم ٨ يوم ٨١/٤/٨١ استأنف

والبلاطات ببعض الغرف والبلكونات وكذا دروة البلكونات ، وقد نتج عن ذلك إما زيادة السلك لعلاج المول ، ومن ثم الأوزان أو نقص سلك البلاطة فى بعض المواقع .

٢ - توجد بعض العيوب فى أعمال الخرسانة المسلحة لبلاطات الأسقف مما نتج عنه وجود بعض الشروخ فى هذه البلاطات وبعض هذه الشروخ نافذة والبعض الآخر نتيجة فقر الخلطة الخرسانية أو عدم خلطها جيداً أو حدوث انفصال خبيثى أثناء الصب مع وجود غطاء خرسائى كاف لحديد التسليح فى بعض الأماكن .

٣ - تنفيذ السلام الخرسانية فى عدد من الوحدات غير مرضى حيث توجد بعض المول غير الصحيحة وكذلك الكثير من العيوب فى الاتصال بين القليات والبسطة وكرم الفخذ الموجود بالحوائط .

٤ - بعض البلكونات الخرسانية فوق المدخل الرئيسى لبعض الوحدات التى لم يتم تشطيبها يحدث بها بعض الترخيم والاهتزازات الملحوظة عند تعرضها للتحميل خصوصاً مع وجود حركة عليها .

نخلص من هذا إلى أن أعمال الخرسانة المسلحة لم تتم هى الأخرى طبقاً لأصول الصناعة .

ج - أعمال التشطيبات :

١ - يوجد فى بعض الأماكن بياض بسلك كبير نسبياً يصل أحياناً إلى ١٠ سم وذلك نتيجة لعدم استقامة الحوائط . رغم هذا السلك الغير مسموح لم تكن الحوائط مستوية رأسياً أو أفقياً .

٢ - تلاحظ وجود بعض الترميمات والشروخ فى أعمال البياض خصوصاً عند وصلات المباني ببعضها .

٣ - وصلات الربط بين حوائط الطوب الأحمر أو كتاف الطوب الأحمر أو الحاكيات منه مع مباني الدهش غير مطابقة لأصول الصناعة مما ينتج عنه بعض العيوب فى أعمال البياض والتشطيبات .

هذا بالإضافة إلى عدم استقامة بعض الأركان ووجود شروخ رأسية فى بعضها الآخر نتيجة لعدم تشييق المباني ببعضها .

خامساً : العلاج المقترح :

١ - من الملاحظ أن عمالة المباني بالدهش ليست على المستوى الكافى لتوفير السلامة الإنشائية المطلوبة لذلك فإنه يجب استبعاد العمالة الموجودة بالموقع حالياً واستبدالها بعمالة على القدر المطلوب من الكفاءة حسب أصول الصناعة وفى حالة عدم إمكانية الحصول على العمالة المطلوبة فإننا نقتراح تغير نظام الإنشاء بالحوائط الدهش الحاملة إلى أى نظام آخر وليكن

من الحجر وكسر الطوب قليل المونة بالدخل وعدم وجود مداميك رابطة وعدم تعشيق القواطع الداخلية وبعض أكتاف المداخل عند الأركان ، كما أن الحوائط لم تكن مستوية أفقياً ورأسياً (رقم ٧ بلك B) أى أنها هي الأخرى لم تكن طبقاً لأصول الصناعة (لاحظنا أن بعض نواصي الحوائط في قصة الردم كانت تبنى بالطوب الأحمر) .

● أعمال المسلح كانت على نفس مستوى المجاورة ٩ من حيث نوع الخرسانة وسوء تنفيذ فهي ضعيفة ومسامية وعدم وجود مخدات فوق الحوائط الرئيسية تحت الكمرات الرئيسية وعدم استواء أعتاب الأبواب وخلو بعضها من التسليح كما لم تكن السلام أحسن حالاً من نظيرتها في المجاورة ٩ (نموذج B بلك C) هذا وإن كان - عمق المبد في هذه المجاورة ٣٠ سم ولم تظهر في البلكونات الحبوب التي ظهرت في المجاورة ٩ لوجود كوابل على جانبي البلكونات ، وكمر عريضة عند الواجهة تحمل بروز البلكونة ، ويمكن معرفة مدى اطمئنان السادة مستشاري المكاول إلى هذه الممارات وهما الأستاذ الدكتور أستاذ الإنشائات بكلية الهندسة جامعة القاهرة والسيد المهندس مستشار إنشائي من ما يقترحه من علاج لهذه الممارات .

ففي البند ثالثاً - العلاج المقترح وركوب الكمرات على الحوائط الدبش ما يلي :-

بالرغم من عدم ظهور شروخ في الحوائط حتى الآن إلا أنه يفضل علاج سوء التصنيع في بعض أجزائها وكذا بعض الفراغات التي وجدت كالآتي :-

٢ - نوصي بالحقن بلهاني الأسمنت ١ أسمنت : ١ رمل (٦٠٠ كج أسمنت / م^٣ رمل) للحوائط الدبش بالأساس وحوائط الدور الأرضي ، أما الأدوار فيكتفى بحقن الأجزاء عند ارتكاز كمرات السقف R10 فقط وضغط الحقن لا يزيد عن ١ كج / سم^٢ .

٣ - الأسقف التي لم يتم صبها نوصي بأن يكون ارتكاز الكمرات R10 بكامل طول الكتف أى ١,٥ م وبرض ٣٠ سم .

٤ - نوصي بالاكفاء بعدد دورين فوق الأرض لإمكان الحصول على جهود أقل بالنسبة لحوائط الدبش .

لما كانت حوائط جميع الأدوار قد بنيت غير مطابقة لأصول الصناعة فإننا نرى ضرورة حقن الحوائط بجميع الأدوار (توصية ٢) .

ولا يوجد مانع من تنفيذ التوصية رقم ٣ .

أما التوصية رقم ٤ وهي بالاكفاء بدورين فوق الأرض فقط لإمكان الحصول على جهود أقل بالنسبة لحوائط الدبش - وليس

منسوبنا في الموعد المحدد معاينة وحطات المجاورة رقم ٩ وتلاحظ ما يلي :-

● أن العيوب التي سبق سردها في الباني السكنية سواء في أعمال الباني أو المسلح أو البياض منتشرة بعضها أو كلها في باقي الوحدات .

● نظراً لاختلاف عطلات الكونكتور في الموقع فإنه قد لاحظ أن الأدوار ليست في نفس المستوى في الممارات المتلاصقة .

● يوجد فاصل بين الممارتين للمنتهتين ج ٤ ، ج ٥ وقد لوحظ أن الفاصل مغفل تماماً في الدور الأرضي وليس رأسياً في باقي الارتفاع .

بالنسبة لباني الخدمات العامة للمجاورة ٩ فقد تبين لنا أنها تتكون من :-

- ١ - مدرسة الحضنة والسوق التجاري والمصل .
- ٢ - المدرسة الابتدائية وصالة الألعاب والمبنى للملحق والمرجعات ونحن نرى إرجاعها حالياً حتى تم دراستها وسيضمنها تقريرنا الفني رقم ٢ بإذن الله .

أما بخصوص المجاورة ٨

تتكون هذه المجاورة من ٤٤٨ وحدة سكنية (٧ نماذج) أسند إنشائها إلى شركة وهي تتكون من مجموعات مختلفة صممت على أن تتكون كل وحدة من دور أرضي وثلاثة أدوار علوية ويمكن تقسيمها كما يلي :

أولاً - عمارات نفذت بالطريقة التقليدية (حوائط حاملة من الدبش) وهي :

- | | |
|------------------|--|
| ١٥ عمارة نموذج B | ودورين علويين فقط حسب توصية السادة مستشاري المكاول (عدد ٢ مدرسة حضنة - الوحدات ٦٦) . |
| ١ عمارة نموذج 2 | |
| ١ عمارة نموذج S | |
| ٢ مدرسة حضنة | |

ثانياً : بقية الممارات وقد نفذت بهيكل مسلح قام المكاول بتحصينه ووافق عليه الجهاز .

أولاً : الممارات ذات الحوائط الحاملة

● بنيت هذه الممارات بالطريقة التقليدية ذات الحوائط الحاملة بالضبط الخارجى وعمودين مسلحين في الداخل (مقاس ٢٥ × ٦٠ سم) أسسا على قواعد منزلة .

● قمنا بمعاينة الممارات نموذج B بلك C ورقم ٦ بلك A ورقم ٧ بلك B .

● وتبين أن الحوائط الحاملة من الدبش كانت مماثلة لحوائط المجاورة ٩ وبها كل عيوبها من حيث تكونها من قشترتين خارجيتين من الدبش الغشيم بنيتاً جيئاً اتفق وجود قطع صغيرة

بالنسبة للجهود تحت طبقة الأساسات إذ أن الأرض صخرية - فهي تنضى خفض عدد الوحدات ٢٥٪ .

وقد أرفق مقالو المجاورة ٨ مع التقرير للمؤرخ ١٩٨١/٤/٢ والذي ذكر فيه ما يلي :-

ولزيادة التأكد من سلامة المباني ستقوم الشركة بعد تنفيذ الملاحظات الواردة بالتقرير بتحميل جميع الأدوار لكل مبنى دفعة واحدة بمحمل يوازي مرة ونصف من مجموع الأحمال الحية والميتة (أى بواقع ٥٠٠ كج/م^٢) .

النتيجة مؤسسة أشد الأسف إذ أنه نتيجة لسوء التنفيذ وعدم الالتزام بأصول الصناعة لا بد من حقن جميع الحوائط وتحميل جميع الأسقف وخفض عدد الوحدات ٢٥٪ وهذا كله في مبنى تقليدية مؤسسة على الصخر ١١ .

وظاهر أن التوصية رقم ٤ هي سبب الاقتصاد على دور أرضي وجورين في العمارات التقليدية بهذه المجاورة وما لم يتم من المجاورة رقم ٩ .

افراج طريقة العلاج .

١ - حقن الحوائط الخاملة في جميع العمارات بمونة الأسمنت والرمل (٦٠٠ كجم أسمنت لكل ٣م رمل) أو أى مونة خاصة ثبتت صلاحيتها بحيث تضمن ملء الفراغات والفواصل الداخلية لكل مبنى مع عرض الطريقة التفصيلية لأعمال الحقن وطريقته تعتمد من الجهاز .

٢ - تكسير جميع البلاطات والدرابو والمكونات التي ظهرت بها شروخ نافذة أو شروخ يزيد اتساعها عن ٠,٥ مم أو كان بها ترخيم ملحوظ أو عدم انتظام جوانبها أو ميل في درابوها أو تميز عند الحركة عليها وإعادة صيها مع إدخال التعديلات الضرورية سواء في الخرسانة أو صلب التسليح مع مراقبة جودة الخرسانة .

تحميل أسقف وسلام ومكونات جميع العمارات التي تمت أسقفها مع مراقبة اتساع الشروخ وقياس الترخيم الناتج وعمل برنامج للتحميل مع المقاولين ومستشاريهم .

٤ - الأفضل الاكتفاء بطورين فوق الأرض فيما هو تحت الإنشاء بحوائط حاملة نظراً لما نواجهه الآن من أمر واقع .

كما أنه لا داعي لهدم شيء من العمارات التي تمت في المجاورة ٩ إلا إذا فشلت تجارب التحميل .

٥ - قد يكون عمل هياكل مسلحة للعمارات السكنية التي لم يبدأ العمل فيها هو أسهل الحلول مع عمل اختبارات جودة للخرسانة وتشديد الرقابة على تنفيذ أعمال المسلح وخفض سمك الحوائط الخارجية إلى ٢٥ سم ونفس سمك الديش المستعمل خصوصاً وأن الجهاز قد وافق على مثل هذا الحل في عمارات

المجاورة ٨، هذا لو تمكن المقاولون والجهاز من تعيين العمالة اللازمة التي تعرف أصول البناء بالدبش .

٦ - إصلاح التشعشع وعبوب الخرسانة المسلحة باستعمال الملمع الأسمنتي عند الضرورة، أما حالة العمارات المسلحة في المجاورة ٨ ومباني الخدمات في المجاورة ٩ فسيقوم المكتب بإذن الله بكتابة تقرير عنها بمجرد إتمام معاينتها ودراستها .

اخلاصة في هذه التقارير :

١ - اتفق هؤلاء الأساتذة في طريقة التفكير والتسلسل الجيد في أسلوب المعاينة بحيث لم يترك كبيرة أو صغيرة في المبنى إلا ما سرده عن طبيعة التربة والأساسات والمباني بالدبش أو الطوب وأعمال الخرسانة المسلحة وحتى التفاصيل البسيطة جداً في المعاينة التي روعي مردها بهذه التقارير .

٢ - اختلف البعض في وجهة النظر لم يجلأ أحد زميله رغم أنهم كلهم أساتذة وزملاء بكليات الهندسة ولكن في رد الأستاذ الاستشاري من قبل المجتمعات العمرانية الجديدة قد رد بوضوح على جميع البنود التي تساهل فيها استشارى الشركات وقد راعى ضميره ولم يخش شيئاً إلا الله .

٣ - يجب على القارئ لهذه التقارير أن يتعلم كيف تكون الدقة في إثبات الزمان والمكان والأخطاء والمعالج المقترح وأن دراسة هذه التقارير خير أسلوب للمعاينة .

الفصل الخامس

الزلازل

أولاً : المعايير العالمية لشدة الزلازل وتقسيم مصر من حيث النشاط الزلزالي :

١ - يتم تعريف شدة الزلازل إما باستخدام مقياس شدة الزلازل macroseismic intensity والذي يعكس الضرر والإحساس الناتج من الزلازل أو المقياس العشري Decimal scale طبقاً لما هو مبين في الجدول التالي :

جدول يبين تأثير الزلازل طبقاً لمقياس شدة الزلازل والمقياس العشري

مناطق الزلازل في جمهورية مصر العربية	شدة الزلازل		وصف تأثير الزلازل
	مقياس شدة الزلازل mercalli	المقياس العشري	
منطقة ذات شدة زلزالية ضعيفة	I	1 - 2	غير ملحوظ - يسجل فقط بواسطة المرصد
	II	2 - 3	غير ملحوظ - ولا يشعر به إلا بعض الأشخاص دقيقة الملاحظة
	III	3 - 4	ملحوظ بطريقة ضعيفة
	IV	4 - 5	عموماً ملحوظ - حدوث ضوضاء من زجاج الشبائيك والأوعية .
	V	5 - 6	يمكن الإحساس به - يشعر الناس به في المباني واحتمال ظهور شروخ في البياض
منطقة ذات شدة زلزالية متوسطة	VI	6 - 7	ملحوظ بطريقة مفزعة - حركة الأشياء الغير ثابتة مثل الموبيليا حدوث بعض الشروخ في البياض سقوط بلاطات الأسطح للمائلة غير المصممة لمقاومة الزلازل سقوط أجزاء من البياض في بعض مبانى الطوب شروخ في المدائن وظهور عيوب كثيرة في المباني غير المصممة لمقاومة الزلازل مثل سقوط المدائن وشروخ الحوائط
	VII	7 - 8	حدوث عيوب في المنشآت حدوث عيوب وشروخ معقول في المباني سقوط أجزاء البياض
	VIII	8 - 9	انهيار المنشآت الغير مصممة ضد الزلازل

٢ - يمكن تقسيم جمهورية مصر العربية من حيث النشاط الزلزالي إلى منطقتين :
المنطقة الأولى : ذات شدة زلزالية ضعيفة كما هو مبين في الجدول السابق وتشمل جميع محافظات جمهورية مصر العربية عدا المحافظات التي تشملها المنطقة الثانية .

المنطقة الثانية : وهي ذات شدة زلزالية متوسطة طبقاً لما هو مبين في الجدول السابق وتشمل المحافظات المطلة على ساحل البحر الأحمر وجنوب سيناء ومحافظه الفيوم وأسوان .

ثانياً : القوى التصميمية لتأثير الزلازل :
أ) يتسبب عن الزلازل قوة يمكن تحليلها إلى ثلاثة مركبات . اثنتان منهما أفقيتان تؤثران في اتجاه المحور الرئيسى للمنشأ والثالثة
سادساً .

رأسية على أيه يمح أن يؤخذ تأثير كل مركبة أفقية على حدة .
ب) يتم حساب قوة الزلازل الأفقية على المباني إما باستخدام طريقة الحمل الإستاتيكي المكافئ وذلك للبند ثالثاً التالى أو استخدام طريقة التحليل الديناميكي وذلك للمنشآت ذات الطابع الخاص للبند ثالثاً .
ج) يتم حساب تأثير المركبة الرأسية للزلازل طبقاً للبند رابعاً ثالثاً : التحليل بطريقة الحمل الإستاتيكي المكافئ :
١) تستخدم طريقة الأحمال الإستاتيكية المكافئة لحساب المنشآت ذات الطراز الإنشائى المنتظم والذي لا يحدث به تغيرات فجائية في كتراسة عناصره الإنشائية وأيضاً للمنشآت التي لم تذكر في البند رابعاً على أن تحقق البند جـ من ٣ من سادساً .

جدول (ب) بين معامل أهمية المنشأ "I"

نوع المنشأ	I
للبنائى ذات الأهمية الخاصة أثناء الزلازل مثل المستشفيات- التليفونات - الإقاعة- محطات الإطفاء - محطات الكهرباء- الصوامع- المسارح- المساجد- الكنائس- الماهد- المحاف - مراكز الطوارئ... إلخ	١,٥
المباني العادية والتي يحدث من انهيارها أثناء الزلازل كواحد متوسط مثل المساكن- المكاتب- الفنادق- المطاعم- المحلات .	١,٠٠
أكثر من ١,٥٠ يتم تقديرها طبقاً للمهندس وهي المباني التي يحدث من انهيارها كواحد عظيمة مثل الأكران- المفاعلات- السدود .	

وتحدد قيمة المعامل C طبقاً للمعادلة التالية :

$$C = \frac{1}{15 \sqrt{T}} \leq 0.12 \quad (٢) \text{ معادلة رقم } ٠.12$$

وعلى أن تؤخذ قيمة $C = 0.1$ للمنشآت ذات الطابق الواحد .

حيث :

T = زمن الذبذبة الأساسية بالثانية للمبنى (Period) في اتجاه المحور الرئيسى . تحت الاعتبار وتقدر تبعاً للمعلومات المتاحة السابقة . وفى حالة عدم توفر أى معلومات يستعان بالمعادلتين التاليتين (٤،٣)

$$T = \frac{0.09H}{\sqrt{B}} \quad (٣) \text{ معادلة رقم } ٠.09H$$

حيث :

H = الارتفاع للمبنى بالمتر (مقاساً من منسوب الأرض الطبيعية) .

B = عرض المبنى في الاتجاه الموازى لقوة الزلازل المؤثرة ويمكن في حالة المنشآت التي تتكون من أعمدة وكمرات ربط على أن تؤخذ كما يلى :

$$T = 0.1n \quad (٤) \text{ معادلة رقم } ٠.1n$$

حيث :

n = عدد الأدوار فوق الأساسات للمنشآت التي تقاوم فيها الزلازل بواسطة إطارات- حيث إن الإطار الخرساني يقاوم ١٠٠٪ من القوى الأفقية .

م ٣٣ الإنشاء والإعمار

(٢) تحسب قوى القص "V" الإستاتيكية الأفقية المكافئة لأحمال الزلازل عند منسوب الأساسات في اتجاه أى من المحاور الرئيسية للمبنى طبقاً لما يلى وبشرط ألا تقل هذه القيمة المعطاة فى البند ٣ من ثالثاً .

$$V = Z K C I W \quad (١) \text{ معادلة رقم } ١$$

حيث

Z = معامل عذدى للمنطقة الزلزالية وتؤخذ قيمته 0.3 للمنطقة الثانية .

K = معامل يعتمد على النظام الإنشائى للمبنى المقاوم للأحمال الأفقية وعلى درجة معطوبة هذه الأجزاء كما هو مبين فى الجدول التالى (أ) .

I = معامل أهمية المنشأ وتؤخذ قيمته طبقاً للجدول التالى (ب) .

W = إجمالى الحمل الرأسى المكافئ ويتم حسابه كما يلى :

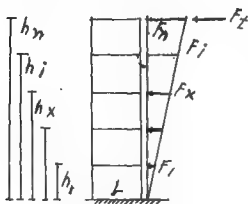
= إجمالى الحمل الدائم في حالة أحمال حية حتى ٥٠٠ كجم / م^٢ أو

= إجمالى الحمل الدائم مضافاً إليه نصف إجمالى الأحمال الحية في حالة أحمال حية قيمتها أكبر من ٥٠٠ كجم / م^٢ .

C = معامل يأخذ فى الاعتبار زمن الذبذبة الأساسية للمنشأ بالكامل .

جدول (أ) بين معامل معطوبة المنشأ "K"

K	نوع وتوزيع العناصر الإنشائية المقاومة للأحمال الأفقية
١	جميع المباني ذات الإطارات ما عدا ما يذكر فيما بعد أى المباني الحاملة ذات الكمرات الرابطة والأعمدة والأسقف من الخرسانة المسلحة .
١,٣٣	المباني ذات الحوائط الحاملة بشرط تحقق الشكل الصنعتى وبشرط وجود تسليح بين وحدات البناء .
١,٥٠	للمباني ذات الشكل الصنعتى وفى حالة عدم وجود تسليح بين وحدات البناء .
٣	جميع الخزانات وللاذات والمباني الأثرية .
٢	جميع المباني الغير مذكورة سابقاً .



توزيع القوى الأفقية الكلية للزلازل

(ب) في حالة المباني ذات الدور الواحد أو الدورين يعتبر توزيع القوى V في الاتجاه الرأسى على المبنى منتظماً وثابتاً طبقاً للمعادلة (٩) التالية .

$$F_x = \frac{v(w_x h_x)}{\sum_{i=1}^n w_i h_i} \quad (٩) \text{ معادلة رقم}$$

(٥) للمباني التي يعمل لها ردود توزيع قوى قص الأفقية للمكافئة لأحمال الزلازل طبقاً للبند (١٠) التالى .

(٦) توزيع قوى القص عند أى مستوى أفقى X بين العناصر الرأسية القادرة على تحمل قوى الزلازل عند هذا المستوى كما يلى :-

(أ) في حالة تطابق مركز الكتلة مع مركز الجساءة (أ-١) توزيع القوى الأفقية على العناصر الرأسية القادرة على تحمل القوى الأفقية عند أى مستوى والمحسوبة طبقاً للبند (٤) السابق بنسبة جساءتها وبشرط وجود ترابط بين هذه العناصر الرأسية باستخدام عناصر إنشائية أفقية عند هذا المستوى (مثل البلاطات الخرسانية المسلحة) ومع مراعاة ما جاء فى البند سادساً .

(أ-٢) يجب الأخذ فى الاعتبار لا مركزية دنيا افتراضية بقيمة تساوى $\pm 0.5\%$ من أكبر بعد للمنشأ عند المستوى الأفقى الذى يتم الحساب له طبقاً للبند (٧) التالى .

(ب) في حالة عدم تطابق مركز الكتلة ومركز الجساءة توزع القوى الأفقية على العناصر الرأسية القادرة على تحمل القوى الأفقية عند أى مستوى والمحسوبة طبقاً للبند (٤) السابق كما فى بند (أ) مع الأخذ فى الاعتبار التأثير الموجب المؤثر على كل عنصر إنشائى والنتائج من قوى القص وقوى التالى وطبقاً لما هو وارد فى البند (٧) التالى .

(٣) يجب أن لا تقل القوة الكلية الأفقية الإستاتيكية للمكافئة لقوة الزلازل والمحسوبة طبقاً للبند ٢ السابق عن ٢٪ من الأحمال الرأسية المكافئة لمنشآت المنطقة الثانية وعن ١٪ من الأحمال الرأسية المكافئة لمنشآت المنطقة الأولى .

(٤) التوزيع الرأسى لقوى القص الأفقية الكلية المكافئة لقوى الزلازل :
Distribution of horizontal seismic forces :
يحسب التوزيع الرأسى لقوى القص الأفقية الكلية المكافئة لقوى الزلازل والمحسوبة طبقاً للبند (٢) والبند (٣) السابقين كما يلى :

(أ) توزع قوة القص الأفقية الكلية المكافئة لقوى الزلازل والمحسوبة عند الأساس والمؤثرة في اتجاه المحور الرئيسى تحت الاعتبار على ارتفاع المبنى بحيث يكون جزء منها موزعاً توزيعاً منتظماً على شكل مثلث وجزء منها يؤثر أعلى المبنى في هيئة حمل مركزى كما فى الشكل التالى .

ويكون التوزيع طبقاً للمعادلة التالية :

$$V = F_t + \sum_{i=1}^n F_i \quad (٥) \text{ معادلة رقم}$$

حيث :

F_t قوة أفقية مركزية تؤثر عند أعلى منسوب للسطح العلوى وتحدد طبقاً للشرط التالى :

(١) عندما يكون زمن الذبذبة الأساسية T قيمة أكبر من ٠,٧ ثانية تؤخذ قيمة F_t كما يلى :

$$F_t = 0.07TV \leq 0.25V \quad (٦) \text{ معادلة رقم}$$

وبشرط ألا تزيد قيمتها عن 0.25V

(٢) عندما تكون زمن الذبذبة الأساسية T أقل أو يساوى ٠,٧ ثانية تؤخذ قيمة F_t مساوية للصفر .

$$F_t = 0 \quad (٧) \text{ معادلة رقم}$$

F_i قوة أفقية مكافئة لأحمال الزلازل ومؤثرة عند منسوب الدور رقم i بما فيها السطح وتحسب قيمتها عند منسوب الدور على ارتفاع h من المعادلة التالية :

$$F_x = \frac{(V-F_t) w_x h_x}{\sum_{i=1}^n w_i h_i} \quad (٨) \text{ معادلة رقم}$$

حيث :

F_x = القوة الأفقية المكافئة للزلازل والمؤثرة على منسوب الدور رقم x على ارتفاع x من منسوب الأساسات .

$w_i w_x$ = الحمل الرأسى المكافئ والمعروف فى البند (٧) السابق المؤثرة عند الأدوار x, i على التوالى .

حيث :

F_i القوى الأفقية المؤثرة عند المستوى X
 W_i الأحمال كما عرفت من البند (٢) من ثالثاً عند المستوى X
 W_{p_x} وزن المنصر الإنشائي الأفقى عند المستوى X
 (ب) يجب ألا تزيد قيمة F_{p_x} عن $0.1 W_{p_x}$ كما يجب أن لا تقل عن $0.05 W_{p_x}$

(ج) عندما يتطلب التصميم أن العناصر الأفقية يجب أن تنقل قوى بين العناصر الرأسية فوقها إلى العناصر الرأسية أسفلها نتيجة لتغير في هذه العناصر فوق وتحت العناصر الأفقية فيجب إضافة هذه القوى إلى المحسوبة طبقاً للبند (١١) التالي .

(٩) عزم الانقلاب $overturning\ moment$

(أ) بحسب عزم الانقلاب عند الأساسات طبقاً للمعادلة التالية :

$$M_{rot} = J (F_i h_n + \sum_{i=1}^n F_i h_i) \quad \text{معادلة رقم (١٤)}$$

حيث J معامل تخفيض عزم الانقلاب M_{rot} الناتج عن القوى الأفقية للزلازل وينسب كما على :

$$J = \frac{0.16}{3 T^2} > 1.0 \quad < 0.45$$

(ب) وبحسب عزم الانقلاب M_{rot} عند أى مستوى طبقاً للمعادلة

$$m_{x_{rot}} = J_x \left[F_i (h_n - h_x) + \sum_{i=x}^n F_i (h_i - h_x) \right] \quad \text{معادلة (١٥)}$$

حيث :

$$J_x = J + (1-J) \left(\frac{h_x}{h_n} \right)^2$$

(ج) يوزع التغير في عزوم الانقلاب عند مستوى x على العناصر المقاومة بنفس نسب التوزيع للنص وفي حالة وجود عناصر أخرى فإنه يتم إعادة توزيع هذه العزوم .

(د) يجب ألا يقل معامل الأمان عن ١,٥ .

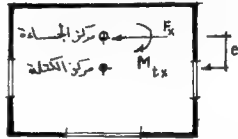
(١٠) - الأحمال الأفقية الناتجة عن الزلازل والمؤثرة على أجزاء أو قطاعات من المبنى أو الحواط :

(أ) يجب تصميم أى جزء من المبنى لتحمل أحمال الزلازل F_p على أن تؤثر في مركز الثقل في أى اتجاه وبحسب قيمة F_p من المعادلة التالية :

$$F_p = Z.I.C_p.W_p \quad \text{معادلة (١٦)}$$

حيث W_p هو وزن الجزء من المبنى تحت الاعتبار .
 وتعطى قيمة C_p كما هو مبين بالجدول التالي :

(٧) عزم الى الأفقى الإستاتيكي المكافئ $Horizontal$
 Equivalent static torsional moment



شكل يبين تأثير عدم تطابق مركز الكتلة ومركز الجساءة

(أ) في حالة عدم التطابق بين الكتلة ومركز الجساءة (مركز المقاومة للعناصر الإنشائية القادرة على تحمل القوى الأفقية) يجب أخذ التأثير الموجب لقوى القص الناتجة عن عزوم التواء الى الاعتبار بحسب عزم الى عند أى مستوى طبقاً للمعادلة التالية :

$$M_{t_x} = \left[v \cdot \sum_{c=1}^n F_i \right] e_x \quad \text{معادلة رقم (١٠)}$$

حيث :

e_x هي اللامركزية الإستاتيكية المكافئة وتؤخذ كما على :-

$$e_x = 1.5e + .05B \quad \text{معادلة رقم (١١)}$$

$$\text{or } e_x = 0.5e - .05B \quad \text{معادلة رقم (١٢)}$$

وتؤخذ قيمة e_x التى تسبب أكبر إجهادات .

(ب) يتم توزيع تأثير عزم الى بين العناصر الرأسية على أساس أن حركة السقف تتبع حركة الأجسام الجساءة مع التأكد من أن السقف ذو درجة جساءة مناسبة طبقاً لاشتراطات البند (٨) التالى وبالتالي توزع القوى الأفقية الناتجة من قوى القص وعزوم الى عند أى مستوى طبقاً لجساءة العناصر الرأسية وبعدها عن مركز الجساءة .

(ج) يحمل التأثير السالب نتيجة عزوم الى على قوى القص الناتجة من القوى الأفقية على العناصر الإنشائية .

(د) يؤخذ تأثير القوى الأفقية الناتجة عن عزوم الى ضعف قيمتها المحسوبة طبقاً للبند (ب) في حالة ما إذا زادت قيمة اللامركزية (e) عن ربع البعد الأكبر للمبنى .

(٨) العناصر الرابطة الرأسية الإنشائية المقاومة للزلازل :

(أ) يجب أن تصمم العناصر الرابطة للعناصر الرأسية لتقاوم قوة طبقاً للمعادلة التالية :-

$$F_{p_x} = \frac{\sum_{i=1}^n F_i}{\sum_{i=1}^n W_i} W_{p_x} > 1.W_{p_x} \quad < 0.05 W_{p_x} \quad \text{معادلة رقم (١٣)}$$

جدول يبين قيم المعامل C_p في المعادلة (١٦)

قيمة C_p	جزء المبنى	اتجاه القوى الأفقية
٠,٣	الحوائط الحاملة أو غير الحاملة الخارجية الحوائط الحاملة الداخلية والقواطع	عمودى على الحائط
٠,٨	الكوابيل والدرابوز	عمودى على الكابولي
٠,٨	أجزاء تبيت الأسقف السابقة التصنيع - أو أى مكائنات أو أجزاء داخل المبنى .	فى أى اتجاه

(٢) التحليل العددي Numerical analysis
(٣) يجب ألا تقل بأى حالة القوى التصميمية لهذه الطريقة عما هو محسوب طبقاً للبند ثالثاً .

عامساً : الأحمال الرأسية الناتجة عن الزلازل

vertical load due to earthquake

أ) يجب أخذ تأثير الحركة الزلزالية الرأسية فى الاعتبار عند تصميم العناصر الرأسية والكوابيل وبروزات المباني .

ب) يجب اعتبار هذه القوى بحيث تغطي الحالات الحرجة مجتمعة جعاً جبرياً مع القوى المختلفة من تأثير قوى الزلازل الأفقية أو القوى الأخرى .

جـ) وتؤخذ هذه القوى طبقاً للبند ١٠ من ثالثاً .

سادساً : اشتراطات التشكيل المعماري العام للمبنى فى المناطق الزلزالية :

أ) يجب ان اشتراطات فى البند ثانياً من هذا الكود بالإضافة إلى اشتراطات كود تصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية وكود تصميم وتنفيذ المنشآت المعدنية وأيضاً كود ميكانيكا التربة فإنه يجب تحقيق الاشتراطات والاعتبارات الإنشائية والمتطلبات المعمارية .

ب) يمكن التفاضل عن بعض اشتراطات الاعتبارات الإنشائية والمتطلبات المعمارية ولكن بشرط أن يتم الحساب بطريقة دقيقة وباستخدام معلومات مرصودة كما فى البند (١) أو (٢) من ثالثاً .

٢ - اعتبارات إنشائية :

يمكن تقسيم مباني الطوب الحاملة إلى :
مباني النوع الأول : مباني حاملة ذات كمرات رباط وسقف من الخرسانة المسلحة أو عناصر إنشائية أفقية قادرة على مقاومة القوى الأفقية .

مباني النوع الثانى : مباني مثل النوع الأول بالإضافة إلى وجود أعمدة من الخرسانة المسلحة عند تقاطع الحوائط .

٣ - عام :

أ) مقاومة المبنى للقوى الأفقية يجب أن تؤمن بعمل حوائط طولية وعرضية .

ب) يراعى ألا تزيد المسافة بين محاور الحوائط العرضية عما هو بالجدول التالى بشرط ألا يقل سمك الحائط عن ٢٥ سم .

جدول يبين المسافة القصوى بين محاور الحوائط العرضية

الشدّة الزلزالية	ضعيفة	متوسط
المسافة بين محاور الحوائط العرضية بالمتر	٧	٨

ب) يتم نقل F_p إلى السقف أو أى عنصر حامل ثم تنقل بدوره إلى الحوائط طبقاً لنسبة جساءة الحوائط لبعضها .

جـ) يجب أن تصمم الحوائط بالإضافة إلى الأحمال الرأسية على أحمال عمودية على مستواها نتيجة أحمال الرياح وأحمال الزلازل طبقاً للبند ثالثاً .

١١ - الردود Seiback

أ) فى حالة المباني التى بها ردود والتي تكون مساحة المسقط الأفقى للجزء المرود لا تقل عن ٧٥٪ من مساحة المسقط الأفقى للمنشأ فإنه يمكن فى هذه الحالة إهمال تأثير الردود وتحسب أحمال الزلازل كما فى البند ثالثاً بالطريقة الإستاتيكية المذكورة .

ب) فى الحالات الأخرى يمكن الحساب إما بالطريقة الديناميكية أو استخدام الطريقة الإستاتيكية على أساس معاملة الجزء العلوى بمفرده مع حساب الجزء السفلى بمفرده واعتبار قوى القص للجزء العلوى مؤثرة على أعلى نقطة فى الجزء السفلى .

رابعاً : التحليل بالطريقة الديناميكية : Dynamic analysis

(١) يتم حساب الطريقة الديناميكية فى الحالات التالية :

أ - إذا كان المنشأ غير متماثل الشكل .

ب - إذا كانت الردود فى المنشأ تختلف ما جاء فى البند (١١) من ثالثاً .

ج - إذا كان هناك عدم انتظام فى الكتلة أو عناصر الأجزاء الإنشائية المقاومة للأحمال الأفقية .

د - للمباني ذات الطبيعة الخاصة .

هـ - للمباني ذات الأهمية الخاصة .

(٢-أ) - التحليل يكون باستخدام :

(١) التحليل الطيفي Spectral model analysis

(ج) يراعى ألا تزيد عدد الأدوار بما فيها البندوم عن المذكور في الجدول التالي في حالة عدم الحساب طبقاً للبند (١) أو البند (٢) من ثالثاً .

جدول يبين العدد الأقصى للأدوار في حالة عدم الحساب طبقاً للبند (٢) من ثالثاً

المنطقة	مبنى النوع الأول	مبنى النوع الثاني
عدد الطوابق	عدد الطوابق	عدد الطوابق
١	٤	٥
٢	٣	٤

وعلى اعتبار أن ارتفاع الدور ٣ متر .

(د) يجب العناية بتصميم حوائط البندوم والأساسات حيث إن هذه العناصر أكثر تعرضاً للزلازل عن غيرها من أجزاء المنشأ .

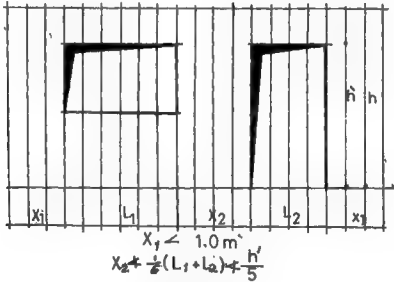
سابعاً : تفاصيل إنشائية :

بالإضافة إلى شروط البنود وخاصة البند (١) من ثالثاً فإنه يجب تحقيق الاشتراطات التالية :-

١ - الفتحات في الحوائط

(أ) يجب أن توزع الفتحات بانتظام على أنحاء المبنى وإلا وجب الحساب بالطريقة الديناميكية .

(ب) يجب ألا تزيد المسافة بين بداية الفتحة ونهاية الحائط عن ١ متر كما في الشكل التالي .



الحمل الزلزالي لأبعاد حوائط الفتحات

ويمكن التفاوض عن هذا في حالة عمل عمود من الخرسانة المسلحة عند الركن وبأبعاد لا تقل عن ٢٥ × ٢٥ سم وتسليح طولي ٤ϕ١٣ وكانت ٥ ϕ٦ / م على أن يتم ربط هذه الأعمدة في الأساسات والسقف .

وأيضاً بشرط تدعيم هذه الفتحات بإضافة عناصر خرسانة أفقية ورأسية .

(س) يجب ألا يزيد عرض الفتحة عما هو مذكور في الجدول التالي .

العرض الأقصى للفتحات في الحوائط

منطقة الزلازل	عرض الفتحة (م)
١	٣
٢	٢,٥

(ج) تعمل أعتاب للفتحات بعرض يساوى عرض الحائط على أن يكون ركوب الأعتاب ٣٠ سم من كل جانب بالنسبة للمنطقة ذات الشدة الضعيفة ويكون الركوب ٤٠ سم بالنسبة للمنطقة ذات الشدة المتوسطة .

(د) يمكن السماح بعمل فتحات أكبر مما هو مسموح به وذلك بشرط تدعيم هذه الفتحات بالنسبة للمنطقة ذات الشدة المتوسطة .

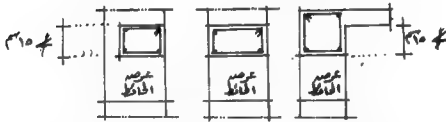
(و) يمكن السماح بعمل فتحات أكبر مما هو مسموح به .

- ٣) تقوية الحائط في أماكن الأعتاب .
 ٤) زيادة جساءة الفعل الميلشي للبلاطة مع الكمرة .
 ب) توضع كمرات الرباط أسفل السقف في حالة ارتفاع الدور لا يزيد عن ٣ متر أما حالة زيادة ارتفاع الدور إلى ٥ متر توضع كمرتي رباط إحداها أسفل السقف مباشرة ومصبوبة معه إذا كان السقف من الخرسانة المسلحة ، والثانية عند ثلث إلى نصف الارتفاع وتسليح بنصف تسليح كمره الرباط الأصلية .

- ص) نحسب إجهادات القص على القطاع الأصغر للحائط ونسليح أفقياً إذا زادت إجهادات القص عما هو مسموح به .
 ٧ - كمره الرباط :
 أ) توضع كمره رباط لجميع الحوائط الطولية والعرضية عند منسوب السقف ويجب أن تربط بالحوائط مكونة نظاماً متكاملأ وتعمل الكمره الرابطة لتحقيق الآتي :-
 (١) تحسين الترابط بين الحوائط .
 (٢) تقوية الحائط في مستواه (يؤدي إلى حدوث شروخ مائلة) .

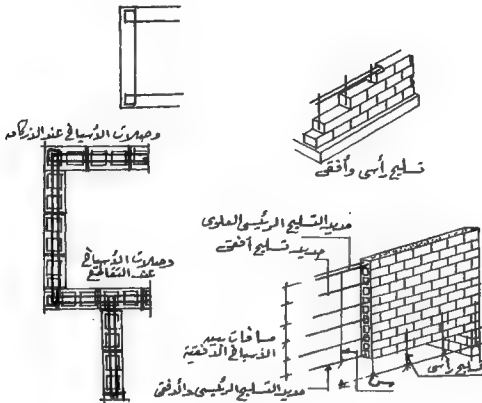


تفاصيل تسليح أعلى نهاية كمره الرباط في المسقط الأفقي



كمرات الرباط والخرسانه المسلحة والمهينه فوم ومواد بناء مصمتة

- ج) لا يقل عرض كمره الرباط عن ٢٥ سم ولا يقل ارتفاعها عن ٢٥ سم .
 د) لا يقل التسليح الطولي عن ٤ ϕ ١٣ مم أو ١,١٥ ٪ من مساحة مقطعها أما الكانات فلا تقل عن ٥ ϕ ١٦ مم .



كرات الرباط المثبتة داخل ومدة بناو مفرغة ومدة لذلك

تفاصيل لتسليح كرات الرباط

الحالات التي يتطلب فيها زيادة ارتفاع المنشأ عما هو معطى في الفقرة (ج) من (٣) من سادساً أو في الحالات التي يتطلب فيها زيادة مقاومة المبنى فإنه يمكن استخدام الأعمدة المسلحة عند تقاطع الحوائط مع بعضها .

(ب) توضع أعمدة مسلحة عند تقاطع الحوائط الخارجية والداخلية وعند الأركان للحوائط الخارجية وبحيث لا تزيد المسافة بين هذه الأعمدة عن ٥ متر .

(ج) يجب أن تصب الأعمدة بعد بناء الحوائط .

(د) يجب ألا تقل أبعاد الأعمدة عن 25×25 ولا تقل تسليحها الطولي عن $4 \phi 13$ مع وضع كانات 6ϕ م على أن تكون المسافة بين الكانات 20 سم بالنسبة للمناطق ذات الشدة الزلزالية الضعيفة أما في المناطق ذات الشدة المتوسطة فتوضع الكانات كما هو مبين في الشكل التالي .

(هـ) في حالة الأسقف والأسطح المائلة أو التي تشكل من الوحدات البنائية على شكل عقد يجب عمل كمره رباط عند مستوى السقف أو السطح وبحيث تكون قادرة على مقاومة إجهادات الشد الناتجة عن هذه الأسقف .

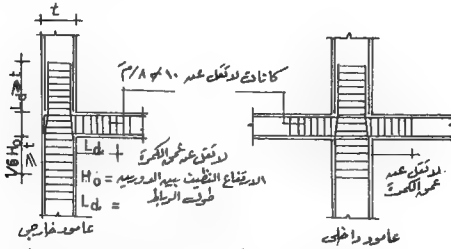
(و) في حالة المنطقة ذات الشدة المتوسطة . يجب ربط كمره الرباط بالحوائط باستخدام أشبار كل 50 سم وبطول من 25 إلى 30 سم .

(ز) يسمح بعمل فتحات في كمره الرباط مع ضرورة عمل اللازم لتقوية هذه الفتحات ولا يسمح بعمل هذه الفتحات في حالة استخدام أسقف مائلة .

٣ - استخدام أعمدة مبلحة :

Reinforced concrete columns

(أ) في حالات المناطق ذات شدة الزلازل متوسطة أو في



تفاصيل تسليح الأعمدة وكرات الرباط والكانات عند المقاطع

٦ - نوع الربط بين وحدات البناء :

أ) يتم البناء بطرق الرباط المذكورة حسب المواصفات السابق ذكرها .

ب) يجب أن يربط الحوائط الحاملة عند تقاطعها بمحدد تسليح $\phi 2$ كل ٦٠ سم على ارتفاع الحوائط وبحيث تمتد على الجانبين بمقدار ٥٠ سم وذلك للمباني التي تتغلب في المناطق ذات الشدة المتوسطة وأيضاً الحجرات الكبيرة .

ج) يجب أن يدهن الحديد الذي يربط بين الحوائط بمادة مانعة للصدأ (إيبوكسي) أو يستخدم حديد مجلفن وذلك في الأماكن الصناعية ذات الرطوبة العالية أو المباني التي تبني قريباً من البحر .

د) في المناطق ذات الشدة المتوسطة يتم ربط الحوائط الغير حاملة مع الحوائط الحاملة أو الأعمدة بـ $\phi 2$ كل ٦٠ سم على ارتفاع التقاطع وبحيث يكون امتداد الحديد من الناحيتين لا يقل عن ٣٠ سم .

هـ) يجب ربط الحوائط الغير حاملة في الأسقف والأسطح خاصة إذا كان طولها يزيد عن ٥ متر .

٧ - السلم :

أ) يجب عدم اختيار مكان بئر السلم في الفتحة الأولى من البناء خاصة في منطقة الزلازل ذات الشدة المتوسطة .

ب) يجب أن يصمم السلم وبهره على تحمل القوى الأفقية الناتجة من الزلازل .

ج) في المنطقة (٢) يجب عمل السلم من الخرسانة المسلحة ويكون عرض الكمرات الحاملة له مساوية لعرض الحائط .

د) السلم المرتكزة على الحوائط (الباذنجانات) غير مسموح بها في المنطقة (٢) .

٨ - البلكونات والدرابو : Balconies and parapets

أ) يجب ألا يزيد بروز البلكونات عن ١ متر .

ب) يجب أن تفي مونة البناء بالاشتراطات العامة لمونة المباني .

ج) يجب أن تتكون مونة بلصق الوحدات من أسمنت ورمل بنسبة أسمنت لا تقل عن ٣٠٠ كجم/م^٣ رمل في الحوائط سمك ٢٥ سم وزيادة ، ٣٥٠ كجم أسمنت/م^٣ رمل إلى الحوائط سمك ١٢ سم أو أقل .

د) يجب أن تملأ الفراغات بالمونة جيداً ويجب أن يتم تكحيلها في حالة عدم بياض الحوائط .

هـ) يجب عدم زيادة سمك المونة عن حد معين وهو واحد سم حتي لا يؤدي ذلك إلى ضعف الاتصال بين وحدات البناء- وعموماً لا يزيد عن ١,٥ سم .

و) يجب ألا تقل مقاومة القص للمونة عن ٣ كجم/سم^٢ (٠,١ إجهاد الضغط) .

١٢ - القواطع : Partitions

أ) يجب أن تربط القواطع والحوائط الحاملة كما في البند (٦) السابق .

ب) يجب ألا يزيد طول الحائط المستخدم كقاطع عن ٣ متر وألا يقل سمكه عن ١٢ سم وألا يزيد ارتفاعه عن ٣ متر .

ج) في حالة زيادة طول القاطع عن ٣ متر يجب تدعيمه بكرمات حديد أو عروق خشب أو أعمدة خرسانية .

د) يمكن استخدام القواطع كحوائط لزيادة جساءة المبنى ضد القوى الأفقية بشرط أن يتم ربطها في الأساسات وفي كمرات الرباط .

١٣ - الأعمدة من الطوب : masonry columns

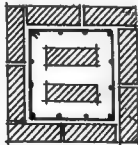
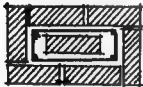
أ) تصمم الأعمدة من الطوب بحيث يمكن لها مقاومة قوى القص والحزوم الناشئة عن الزلازل في حدود الإجهادات المسموح بها طبقاً للبند ثانياً .

ب) في حالة المصانع أو الأماكن الفسيحة يجب ربط أجزاء الحوائط الخارجية عند التقاطع بند (٦) السابق كما يجب ربط أجزاء المبنى ككل بكرمة رباط بند (٧) السابق .

ج) يجب ألا تقل مقاومة الضغط لوحدة البناء عن ١٢٠ كجم/سم^٢ أما المونة فلا تقل عن ٣٥٠ كجم/م^٢ رمل وأن يتم ملء الفراغ جيداً .

د) يجب عدم استخدام الأعمدة من الطوب إلا لنور واحد .

هـ) ينصح باستخدام الأعمدة من الطوب ومسلحة طولياً وعرضياً في المناطق ذات الشدة المتوسطة وفي هذه الحالة يجب ألا يقل التسليح الطولي عن ٠,٥% ولا يزيد عن ٤% من مساحة القطاع كما لا يقل عدد أسياخ التسليح الطولي عن ٤ أسياخ .



مفاصيل قطاع عمود من الطوب

ب) يجب ألا يزيد ارتفاع الدروة عن ٧٠ سم إذا لم يكن محددًا بجزء أو كمرية رباط من الخرسانة المسلحة .

ج) في حالة زيادة الارتفاع يجب ربط الدروة بالسقف أسفلها .

د) يجب أن يكون للبلكون امتداد في السقف ويمكن عمل بروز بطول لا يزيد عن ٧٥ سم ويجب ربطه جيداً في كمرية الرباط .

٩ - الأسطح النهائية : Roofs

أ) يستحسن عملها من مواد خفيفة .

ب) في حالة الأسقف المائلة أو التي على شكل قباب يجب أن تنقل القوى الأفقية الناتجة من وزن السقف والأحمال التي فوقه إلى كمرية الرباط .

ج) في المناطق ذات الشدة الزلزالية المتوسطة . يتم حساب الإجهادات على الرباط بين الأسقف وكمرية الرباط طبقاً لما جاء في البند (١٠) التالي .

١٠ - الأسقف : Floors

أ) يجب أن تربط الأسقف بالحوائط عن طريق كمرية رباط جاء في (٢) من سابغ .

ب) الأسقف الخرسانية من الطوب المفرغ مسموح ببنائها في المنطقة ذات الشدة المتوسطة وبشرط الآتي :-

١) سمك بلاطة السقف لا يقل عن ٥ سم فوق الطوب .

٢) يجب أن تكون هناك كمرية رباط وترتبط مع السقف باستخدام حديد التسليح .

ج) في حالة عمل الأسقف من كمرات حديد أو جملونات حديد أو خشب فإنه يجب ربطها جيداً مع كمرية الرباط ويتم تحقيق هذا الرباط طبقاً للبند (٢) .

١١ - تهيئة المباني وتعديل الشكل المعماري :

أ) مراعى أن تفي المباني التي يراد تعديلها وخاصة في المنطقة ذات الشدة بشروط هذه المواصفة .

ب) جميع الحوائط الحاملة يجب أن تكون ذات كمرية رباط يتحقق فيها ما جاء بالبند (٢ من سابغ) .

ج) يجب ألا يزيد ارتفاع المبنى عما هو معطى في الفقرة (٣ من سادس) .

د) يجب ألا يزيد الوزن الحجمي للجزء المستجد عن الوزن الحجمي للجزء القديم .

س) عندما يعاد تعديل الغرض من الدور الأرضي في المباني الموجودة (كاستخدام الدور الأرضي كمحلات) فإنه يجب عمل الترتيبات اللازمة لزيادة أمان هذه المنشآت ضد قوى الزلازل .

١٤ - الإصلاح والترميم بعد حدوث الزلازل :

أ) إذا كانت العيوب الناتجة في إحدى المباني بعد حدوث الزلازل بسيطة فإنه يمكن إجراء عملية الإصلاح والترميم لجعل المبنى كما كان سابقاً .

ب) إذا كانت العيوب تشمل الأجزاء الحاملة والأجزاء الحامة فإنه يجب عمل الدراسات الكافية لترميم هذا البناء .

ج) يجب قبل ترميم البناء التأكد من جساسة الأساسات وأيضاً طبيعة التربة المحيطة .

د) في الحوائط التي يكون فيها عيوب بسيطة فإنه يمكن إصلاحها بإضافة وحدات بناء مكان اللعيب ولصقها بمونة الأسمنت والرمل .

س) في حالة حدوث عيوب في الأسقف فإنه يتم تكسيها وعمل أسقف جديدة من الخشب أو الخرسانة المسلحة أو الحديد مع ضرورة ربطها جيداً في كمره الرباط .

ط) في حالة السلام يجب تعويضها بسلام حديد أو سلام من الخرسانة المسلحة .

ص) في حالة الكوابيل يجب التأكد من حالتها الإستاتيكية .

ع) يراعى إضافة أربعة خرسانية مسلحة أفقية ورأسية وعند الأركان للحوائط وكذلك حول الفتحات للوصول إلى الأركان حسب كود البناء .

١٥ - الحوائط المستخدمة كستائر خارجية :

curtain walls

حائط غير حامل على هيئة مشربية تشيد بأشكال هندسية متعددة من مادة الألومنيوم - الجبس - مونة الحجر الصناعي - الزجاج وقد تكون من الطوب .

أ) يجب أن تربط هذه الحوائط والأرضيات والأسقف تبعاً للبند (٦) السابق .

ب) يجب حساب قوة هذه الروابط طبقاً للبند (١٠) السابق .

ج) تؤخذ أحمال الرياح طبقاً لكود البناء للأحمال كما يجب أخذ تأثير الزلازل طبقاً لثانياً وثالثاً .

التكسية : Veneer

التكسية هو تجميل لأسطح الحوائط لا يكون الغرض منه إضافة أى تقوية للحوائط ولكن ينبغي أخذ الاعتبارات الإنشائية التالية بالإضافة لما سبق ذكره في هذا الكود :

أ) التكسيات التي تثبت باستخدام جوابط في الحوائط يجب التأكد من تحقيق الشروط الخاصة بالتثبيت وخاصة ما ذكر منها في البند (٨) من ثالثاً .

ب) في المنطقة ذات الشدة المتوسطة يجب تثبيت جوابط لربط التكسية بالحوائط بدءاً من العرموس الأفقى للتكسية .

ج) يجب أن تكون هذه الجوابط من حديد غير قابل للصدأ .

د) توضع جوابط لكل مساحة حوالى ٢٠٠٠ سم^٢ .

هـ) في حالة التكسيات التي تثبت فقط بمواد تماسك أو مواد لاصقة فيجب ألا تقل مقاومة القص أو الشد بين التكسية والمادة اللاصقة عن ٤ كجم/سم^٢ .

ثامناً : استخدام وحدات البناء المفرغة : Block masonry

أ) في حالة مناطق الزلازل ذات الشدة المتوسطة أو أكثر يفضل استخدام وحدات البناء المفرغة مع ضرورة تسليحها أفقياً ورأسياً مع الحفن .

ب) ما ذكر في البند ثانياً وسادساً يجب أن يتحقق بالنسبة لهذه المباني .

ج) يجب ألا يزيد ارتفاع المبنى عن دورين في حالة البناء بهذه الوحدات بدون تسليح وخاصة في منطقة الشدة المتوسطة .

د) جميع الحوائط يجب أن تسليح في الاتجاه الرأسى والأفقى ومجموع مساحة الحديد وخاصة الأفقى والرأسى لا يقل عن ١٠٠٠/٢ من المساحة الفعلية لقطاع الحائط .

هـ) وأقل نسبة للتسليح في كل اتجاه يجب ألا يقل عن ١٠٠٠/٧ من القطاع الفعل للحائط .

و) المسافة بين الأسياخ لا تزيد عن ١٢,٢ م والقطر لا يقل عن ١٠ مم ولا يزيد عن ٢٥ مم .

ز) لمقاومة قوى القص يفضل وضع حديد تسليح في المونة وأكبر مسافة بين الأسياخ تساوى ١٢,٢ م .

ح) يجب أن يتم ربط حديد التسليح الرأسى أو الأفقى بطول رباط كالى لا يقل عن ٣٠ سم .

ط) يجب ألا يقل البعد الأصغر للفراغ عن ٦ سم وألا تقل مساحة الفراغ عن ٥٢ سم^٢ (حالة البلوكات التي سوف تملأ بالحفن الخرساني) .

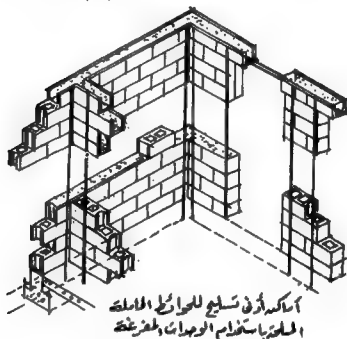
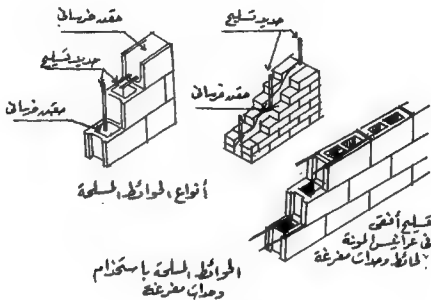
ي) نسبة ارتفاع الحائط لسمكه يجب ألا يزيد عن ٢٥ .

ك) يجب ألا يقل غطاء الحفن الخرساني بين حديد التسليح ووحدات البناء المفرغة عن ١٥ مم .

ل) يجب ألا يزيد قطر حديد التسليح عن نصف البعد الأصغر للفراغ بين السبخ ووحدات البناء .

م) الحوائط الحاملة يجب ربط الحديد الأفقى بمنش حول الحديد الرأسى .

ن) في المناطق ذات الشدة المتوسطة أو عندما يتطلب التصميم ذلك يجب تسليح حوائط الوحدات المفرغة على الأقل في الأماكن الدنيا الموضحة بالشكل التالى .



هـ) ترجع إلى الباب الثاني من هذا الجزء اشتراطات البناء بالبش.

عاشراً : المداخل والمخارج من الطوب :

أ) تحسب القوى الأفقية المكافئة للزلازل والمؤثرة على المداخل والمخارج طبقاً للبند ثالثاً ويؤخذ في الاعتبار ما يلي :-

١) يراعى في تخطيط المدخنة ما يلي :-

✳ لا تزيد أى فتحة في المدخنة عن نصف قطرها الداخلى .

✳ ينفذ إطار من الخرسانة المسلحة حول الفتحات في المناطق ذات الشدة المتوسطة .

✳ في حالة تنفيذ الفتحات على شكل عقود يجب ألا يتعدى عرض الفتحة ١ متر على ألا تزيد زاوية العقد عن ٣٠° .

تاسعاً : البناء بوحدة البناء الطبيعية : مائى البش : stone masonry

المقصود البناء بوحدة البناء الطبيعية : ويجب أن يراعى هنا جميع الشروط المذكورة سابقاً في البنود ثالثاً وسادساً مع مراعاة ما يلي :-

أ) يجب ألا تزيد المسافة بين الحوائط الحاملة عن ٤ متر .

ب) يجب أن تستخدم أنواع الحجارة من المهاجر المسموح بها .

ج) يجب أن تكون الحجارة خالية من الشقوق بقدر الإمكان

د) يجب ملء الفراغ بالمونة أثناء تنفيذ الحائط .

وفي حالة وجود مبنى بشكل غير منتظم فيجب تقسيم المبنى بعمل فواصل الزلازل حسب الفقرة .

ب) يجب أن توزع عناصر المنشأ بحيث ينشأ عن ذلك توزيع منتظم لأوزان هذه العناصر وأيضاً توزيع منتظم للجسامة ويراعى أن تكون العناصر ذات الأوزان الكبيرة في الأدوار السفلى .

ج) يفضل أن ينطبق مركز ثقل الكتل مع ثقل الجسامة ويجب أن يراعى أن يقع مركز ثقل الكتل في الأدوار المختلفة على نفس المحور الرأسى .

د) يجب عدم تغيير اتجاه الحوائط أو عدم استمرارها من دور إلى آخر .

هـ) يجب تفادى استخدام أكثر من نظام إنشائى في البناء .
و) يجب تفادى أو تقليل استخدام العناصر اللازمة للدكتور أو الدرابزين أو البلكونات أو ما شابه ذلك من الأجزاء التى تكون عرضة للسقوط أثناء الزلازل .

ز) يراعى الانتقال المباشر للأحمال وخاصة أحمال الزلازل إلى الأساسات .

ح) يراعى في اختيار أبعاد الفتحات البند (١) من صها .
ط) في حالة استخدام طوب وجهات يجب ألا يقل سمك هذا الطوب عن سمك الطوب الداخلى على أن يتم ربط طوب الوجهات مع الطوب الداخلى .

ي) يجب أن تتخذ الإجراءات الكفيلة بعزل قطع أوتوماتيكى للتركيبات المختلفة مثل تركيبات الغاز وجميع التركيبات الحرارية والمراجل وخاصة في مناطق الزلازل ذات الشدة المتوسطة .

الفواصل : Seismic separations

أ) يجب عمل فواصل بين أجزاء المنشأ في المناطق ذات الشدة المتوسطة وفي الحالات التالية :

- * عندما يكون شكل المنشأ في المسقط الأفقى غير منتظم .
- * عندما تختلف ارتفاعات أجزاء المبنى بمقدار يزيد من ٦ متر .

* عندما تكون طبقة التأسيس متباينة .
* عندما يكون للمبنى ذو عناصر مختلفة في جساماتها .

ب) عرض فاصل الزلازل يعمل بعرض ٣ سم حتى ارتفاع ٥ متر ويزاد العرض بمقدار ٢ سم لكل ٥ متر .

ج) يعمل الفاصل بتثبيت حائلتين متجاورين .

د) يمكن أن تكون المسافة بين الأجزاء المفصولة من المبنى بفواصل زلازل مملوءة بمواد تسمح بالحركة وعدم نقل القوى الأفقية بين هذه الأجزاء .

هـ) المسافة بين فواصل الزلازل .

٢) يجب حماية حديد التسليح المستخدم في الحوائط ضد الصدأ وتغيرات درجة الحرارة .

٣) يجب تنفيذ كمره رباط من الخرسانة المسلحة في أعلى المدخنة مع ربطها جيداً بجسم المدخنة .

ج) يجب ألا تقل مقاومة المونة ومقاومة وحدات البناء ١٢ كجم/سم^٣ والملونة عن ١٥٠ كجم/سم^٣ .

هـ) يجب أن تسليح الحوائط بحديد تسليح رأسى على أن تحقق الجدول التالى :

جدول يبين تسليح حوائط المدخنة

منطقة الزلازل	ذات شدة ضعيفة	ذات شدة متوسطة
امتداد الحديد الرأسى من ٠.٤ من ارتفاع المدخنة حتى الفتحة	بكامل ارتفاع المدخنة	

و) في حالة استخدام بلوكات مفرغة يجب أن يستخدم تسليح رأسى لا يقل عن ١٠ ϕ كل ٥٠-٧٠ سم مع ضرورة اعتبار الشروط السابقة .

حادى عشر : الحوائط التى تحمل خزانات ذات سعة بسيطة :

أ) يجب أن يوضع تسليح مع استخدام وحدات مفرغة مملوءة بالمونة .

ب) في الفتحات يجب وضع كمره رباط فوق الفتحة .

ج) لجميع الفتحات الأخرى يجب وضع حديد تسليح لا يقل عن ٣ ϕ ٨ ويمتد داخل الحائط بمقدار لا يقل عن ٥٠ سم .

د) يجب أن يكون حديد التسليح طبقاً للجدول التالى :

جدول يبين حديد تسليح للخزانات البسيطة

منطقة الزلازل	ذات شدة ضعيفة	ذات شدة متوسطة
حديد رأسى حديد أفقى	١٠ ϕ كل ٧٠-٥٠ سم ٨ ϕ كل ٢٥ سم	١٠ ϕ كل ٧٠-٥٠ سم ٨ ϕ كل ٢٠ سم

- يجب ألا تقل مقاومة الطوب في الضغط عن القيمة ١٢ كجم/سم^٣ .

- يجب ألا تقل مقاومة المونة والتي يجب أن تكون من الأسمنت والرمل عن ١٥٠ كجم/سم^٣ .

ثاني عشر : متطلبات معمارية :

أ) يختار شكل المبنى في المسقط الأفقى بحيث يكون متماثلاً ويجب أن يتفادى في التشكيل والأشكال الزلوية .

(٥) يجب أن يؤخذ في الاعتبار عند تحليل وتصميم الحوائط والأعمدة لامركزية لاحتمال لا تقل عن 0.05% أو ٣ سم أيهما أكبر حيث (١) هو نمط الحائط أو العمود .

(٦) يجب ألا تتجاوز الانحرافات الرأسية مقدار ١٥/١ من سمك الحائط وبعد أقصى مقداره ٥ م لكل متر ارتفاع على أن لا يزيد التجاوز الإجمالي عن ٦ سم لكامل ارتفاع المبنى .
(٧) يتم نقل الأحمال والقوى الرأسية والأفقية المؤثرة على المبنى إلى العناصر المقاومة لتلك الأحمال ومنها إلى الأساسات بما في ذلك تشكيل شبكات رأسية وشبكات أفقية كما يجب أن يكون هناك ترابط بين عناصر المبنى المختلفة تضمن توزيع الأحمال الأفقية الناتجة عن الرياح والزلازل بين الحوائط الحاملة طبقاً لجساسة كل حائط على أنه يجب أن يؤخذ في الاعتبار عند توزيع الأحمال الأفقية بين الحوائط الحاملة تأثير عزم التواء torsional moment الناتج عن عدم تطابق خطى عمل محصلة القوى الخارجية المكثفة لتأثير الرياح والزلازل وقوى المقاومة من الحوائط مع مراعاة عدم تخفيض قوى المقاومة المؤثرة على الحوائط نتيجة لتأثيرات عزم التواء .

(٨) في كل الأحوال يجب التأكد من تثبيت الأسقف والأساسات مع الحوائط والأعمدة بما يضمن مقاومة المنشأ للانزلاق والانتقال بمحامل أمان كافي .

(٩) يجب تشكيل وتصميم المبنى بطريقة تضمن عدم حدوث الانهيارات المتتالية .

(١٠) يمكن استخدام إحدى الطريقتين التاليتين في تصميم المبنى :

- (أ) طريقة المرونة (إجهادات التشغيل) .
(ب) طريقة حالات الحدود .

ثانياً : الأحمال التصميمية على المبنى :

(١) فيما لم يرد عنه نص في هذا الكود تؤخذ قيم الأحمال الدائمة والحية (الإضافية) الإستاتيكية والديناميكية والأعمال غير المباشرة على المبنى طبقاً لما هو وارد في الكود المصري لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية المسلحة .

(٢) يتم تحليل وتصميم المبنى تحت تأثير الأحمال التالية :
(أ) الأحمال الدائمة (D) dead load
(ب) الأحمال الحية الإستاتيكية والديناميكية (L) static and dynamic live loads

(ج) أحمال الرياح (W) wind loads
(د) أحمال الزلازل (S) Earthquake loads
وفي الحالات التي تستلعي ذلك يجب أخذ الأحمال غير المباشرة التالية عند تصميم وتحليل المبنى .
(أ) الحرارة .

الجدول التالي يبين المسافة بين فواصل الزلازل تبعاً لنوع البناء والتقسيم الزلزالي لمصر :

نوع البناء	المسافة بين فواصل الزلازل	
	مناطق ذات شدة متوسطة	مناطق ذات شدة عالية
مبانٍ مع استخدام أربطة من الخرسانة المسلحة	٤٠	٥٠
مبانٍ مع استخدام أربطة أفقية ورأسية من الخرسانة المسلحة	٥٠	٦٠

الفصل السادس

الأحمال

أولاً : العناصر غير التقليدية يتم السماح بها عند توافر بيانات واختبارات كافية :

(١) يتم اعتبار تأثير الحرارة على المبنى من ناحية العزل الحراري والاعتبارات المعمارية الأخرى طبقاً لما هو وارد في الفصل الأول من هذا الباب على أنه بالنسبة للتحليل الإنشائي فليس من الضروري في المباني العادية اعتبار تأثير الحرارة والانكماش فيما عدا نوعيات المباني التي تكون فيها الإجهادات الناتجة عن الحرارة ذات تأثير ملموس مع مراعاة ترتيب فواصل التمدد والانكماش في المبنى للتقليل من تأثير الحرارة والانكماش كما يجب مراعاة اختيار فواصل الحركة (فواصل الهبوط) لتقليل أي إجهادات أو تشكلات غير مرغوب فيها ويمكن أن تنشأ عن منع هذه الحركة . كما يراعى اختيار فواصل للزلازل طبقاً لما شرح سابقاً .

(٢) ليس من الضروري أخذ تأثيرات الانفعالات طويلة الأجل creep على توزيع القوى الداخلية في المبنى العادية إلا في الحالات التي تكون فيها هذه الانفعالات ذات تأثير .

(٣) لا يتم تحديد خواص المواد المستخدمة طبقاً لما هو وارد في المواصفات القياسية المصرية (٢٠٠٤ م) .

(٤) يتم تمثيل الجسائات والإجهادات والانفعالات في عناصر المبنى من حوائط حاملة أو قواطع وكذلك في العقود والقباب واعتبار أن المبنى مكونة من عناصر متجانسة ذات خصائص ميكانيكية اعتبارية متساوية في كل الاتجاهات Homogeneous isotropic على أنه في حالات خاصة يلزم تصميم المبنى مع الأخذ في الاعتبار عدم التجانس واختلاف الخواص الميكانيكية مع اختلاف الاتجاهات Heterogeneous anisotropic في جميع الأحوال يجب استخدام أساس واحد لتقدير الجسائات والإجهادات لجميع أجزاء المنشأ .

(ب) الانكماش .

يكون الحمل الأقصى :

$$U = 0.8 (1.4D + 1.6L + 1.6W) \quad \text{معادلة (١٢)}$$

(ج) الزحف .

(هـ) في حالة وجود أحمال ناشئة عن زلازل (S) يؤخذ

(د) فروق الهبوط .

الحمل الأقصى :

$$U = 0.8 (1.4D + 1.6L + 1.6S) \quad \text{معادلة (١٣)}$$

٣ - عند التصميم بطريقة المرونة تختير قيم الأفعال والأحمال الحساسة لمساوية لقيم أحمال التشغيل كالآتي :

$$\text{معادلة (١)} \quad 1- D + L$$

$$\text{معادلة (٢)} \quad 2- D + T$$

$$\text{معادلة (٣)} \quad 3- D + L + W$$

$$\text{معادلة (٤)} \quad \text{or } D + L + 1.1S$$

بشرط أن لا تقل عن $D + L$

$$\text{معادلة (٥)} \quad 4- D + L + T + \text{settlement} + W$$

$$\text{معادلة (٦)} \quad \text{or } D + L + T + \text{settlement} + 1.1S$$

بشرط أن لا تقل عن $D + T$

وفي كل الأحوال يضاف تأثير الهبوط إلى تأثيرات الأحمال الحية .

على أنه في حالة ما إذا كانت الأحمال الدائمة تزيد من ثبات المنشأ فيجب مراعاة تخفيض قيمة الأحمال الدائمة كما يلي :

$$\text{معادلة (٧)} \quad 1 \quad 0.9 D + L$$

$$\text{معادلة (٨)} \quad 2 \quad 0.9D + W \text{ or } 0.9D + S$$

وفي كل هذه الحالات يجب مراعاة ما جاء بخصوص زيادة الإجهادات المسموح بها في حالة تواجد أحمال رياح أو زلازل أو أفعال أخرى مذكورة .

٤) عند التصميم بطريقة حالات الحدود تؤخذ احتمالات التحميل التالية :

(أ) في العناصر المعرضة لأحمال حية والتي يمكن فيها إهمال تأثير أحمال الرياح والزلازل يؤخذ الحمل الأقصى :

$$\text{معادلة (٩)} \quad U = 1.4 D + 1.6 L$$

(ب) في حالة ما إذا كان الحمل الحى لا يزيد عن $3/4$ قيمة الأحمال الدائمة يمكن أخذ قيمة الأحمال القصوى :

$$\text{معادلة (١٠)} \quad U = 1.5 (D + L)$$

(ج) في العناصر المعرضة لأحمال حية بالإضافة إلى الأحمال الناشئة عن الضغوط الجانبية نتيجة للسوائل أو الأتربة يكون الحمل الأقصى :

$$\text{معادلة (١١)} \quad U = 1.4 D + 1.6 (E + L)$$

حيث : $E = \text{lateral loads}$ وبشرط ألا تقل قيمة عن القيمة المعطاة بالمعادلة (٩) أما في حالة الضغوط الجانبية للسوائل المحصورة داخل عناصر محددة الأبعاد مثل الخزانات فيستبدل القيمة $1.6E$ في المعادلات (١١) ، $1.4E$ بالقيمة (١٥) .

(د) في حالة وجود أحمال ناشئة عن ضغط الرياح (W)

ويفترض عدم حدوث الزلازل- الرياح معاً متزامنين .

(و) في حالة ما إذا كانت الأحمال الدائمة تزيد من ثبات المنشأ أو تقلل من إجهاداته الداخلية تستبدل الأحمال القصوى في البنود السابقة بما يلي :

$$\text{معادلة (١٤)} \quad U = 0.9D + 1.6L$$

$$\text{معادلة (١٥)} \quad U = 0.9D + 1.6E$$

$$\text{معادلة (١٦)} \quad U = 0.9D + 1.3W$$

$$\text{معادلة (١٧)} \quad U = 0.9D + 1.3S$$

(ر) عند حساب تأثير تغيرات درجة الحرارة وفروق الهبوط والزحف والانكماش (T) يؤخذ الحمل الأقصى كما يلي :

$$\text{معادلة (١٨)} \quad U = 0.8 (1.4D + 1.6L + 1.4T)$$

وبشرط ألا يقل عن :

$$\text{معادلة (١٩)} \quad U = 1.4 (D + T)$$

(ح) يمكن أن تعامل الأحمال الديناميكية على أساس حمل إستانتيكي إضافي مكافئ (K) ويؤخذ الحمل الأقصى كما يلي :

$$\text{معادلة (٢٠)} \quad U = 1.4D + 1.6L + 1.6K$$

مع مراعاة ما جاء في المعادلة (١٤) .

(٥) يجب تصميم الحوائط الداخلية والخارجية سواء كانت حوائط حاملة أو قواطع وكذلك القواطع المؤقتة لكي تتحمل الأحمال الأفقية المرصدة لها وعلى ألا تقل قيمة هذه الأحمال عن ٢٥ كجم/م^٢ .(٦) تصمم الحوائط المستخدمة كأسوار والتي لا يزيد ارتفاعها عن ٣ مقاومة الرياح المؤثرة عليها بالإضافة إلى أى قوى أفقية أخرى ناشئة عن ضغط الأتربة وخلافه وعلى أن لا تقل قوى الضغط المؤثرة عمودياً على الحائط عن ٥٠ كجم/م^٢ .(٧) يلزم تثبيت الحوائط والقواطع في الأسقف والإطارات أو العناصر التي تستطيع أن تقاوم القوى الأفقية المؤثرة على تلك الحوائط بواسطة وصلات تثبيت وبشرط أن لا تقل قيمة القوى الممكن نقلها من الحوائط والقواطع إلى وصلات التثبيت عن ٨٠ كجم/م^٢ كما يجب أن تكون الحوائط قادرة على مقاومة الانحناء الناشئ عن تعرضها للقوى الأفقية المؤثرة عليها .

(٨) تؤخذ أوزان الحوائط والقواطع غير تلك المذكورة في المواصفات المصرية لتصميم وتنفيذ للمنشآت الخرسانية المسلحة طبقاً للجدول التالى وتم تحديد القيم المعطاة في الجدول مع اعتبار وجود طبقتي يابض كل بسمك ٢ سم وعلى وجهي الحائط

وسمك مونة ١ سم على أنه يجب حساب مقدار الزيادة في الأوزان في حالة زيادة السمك عن ما هو مذكور سابقاً .

جدول رقم (١) يبين أوزان الحوائط والقواطع باستخدام وحدات مختلفة من الطوب

نوع الطوب	أبعاد الطوب	سمك الحائط	الوزن الحجمي للطوب	وزن المونة في لتر للمسطح	وزن البياض في لتر للمسطح	وزن الطوب في لتر للمسطح	الوزن الكلي للمر المسطح
	سم × سم × سم	سم	جرام / سم ^٣	كجم	كجم	كجم	كجم
رمل مصمت قليل	٦×١٢×٢٥	١٢	١,٨٠٢	٤٥	٩٠	١٨٠	٣١٥
رمل مصمت قليل	٢٥×١٢×٢٥	٢٥	١,٨٠٢	٥٥	٩٠	٤٠٦	٥٢٥
رمل خفيف	١٠×٢٢×٥٠	١٠	٠,٨٣٤	١١	٩٠	٧٩	١٨٥
رمل خفيف	١٢×٢٢×٦٠	١٢	٠,٦٥٤	١٢	٩٠	٧٩	١٨٠
رمل خفيف	٢٠×٢٥×٥٠	٢٠	٠,٨٩٧	١٨	٩٠	١٧٢	٢٨٠
رمل خفيف	٢٥×٢٥×٥٠	٢٥	٠,٨٩٧	٢٢	٩٠	٢١٥	٣٣٠
ليكا مفرغ	١٢×٢٢×٥٠	١٢	٠,٦٤٤	٣٦	٩٠	١١٩	٢٤٥
نسبة الفراغات ٪ ٢٠,٤	١٢×٢٢×٥٠	٢٠	٠,٦٤٤	٣٦	٩٠	١١٩	٢٤٥
ليكا مفرقة	٢٠×٢٢×٥٠	٢٠	٠,٧١١٤	١٨	٩٠	١٣٧	٢٤٥
نسبة الفراغات ٪ ٣١,٩	٢٠×٢٥×٥٠	٢٥	٠,٧١١٤	٢٨	٩٠	١٦٩	٢٩٠
ليكا مصمت	٦×١٢×٢٥	١٢	١,١١	٤٥	٩٠	١١١	٢٥٠
	٦×١٢×٢٥	٢٥	١,١١	١١٣	٩٠	٢٢٢	٤٢٥

لوابت : الوزن الحجمي للمونة = ٢,٢٥ جم / سم^٣ ، سمك المونة = ١ سم ، سمك البياض = ٣ سم من كل جانب .

الوزن الحجمي للبياض = ٢,٢٥ جم / سم^٣

✳ هذا الجدول للاشارة فقط عند دراسة المشروع وعلى المهندس التحقق من الأوزان الفعلية للمواصفات المستخدمة .

تابع الجدول السابق

نوع الطوب	أبعاد الطوب	سمك الحائط	الوزن الحجمي للطوب	وزن المونة في لتر للمسطح	وزن البياض في لتر للمسطح	وزن الطوب في لتر للمسطح	الوزن الكلي للمر المسطح
	سم × سم × سم	سم	جرام / سم ^٣	كجم	كجم	كجم	كجم
طوب مقل (مقلب)	٦×١٢×٢٥	١٢ سم	١,٢٥٥	٤٥	٩٠	١٢٦	٢٦٥
(مصر بريك)		٢٥ سم	١,٢٥٥	١١٣	٩٠	٢٥١	٤٥٥
طوب استثنائي	١٠×١٢×٢٥	١٠ سم	١,٧	٢٢	٩٠	١٥٤	٢٧٠
(مصمت)		١٢ سم	١,٧	٣٦	٩٠	١٨٠	٣٠٥
(مصر لأصناف الأصمت المسطح)		٢٥ سم	١,٧	٨٦	٩٠	٣٦٠	٥٤٠
بلوكات جبسية	١٠×٥٠×٦٦	١٠ سم	٠,٩٥٠	٥	٩٠	٩٤	١٩٠/١٠٠
بلوكات جبسية	٨×٥٠×٦٤	٨ سم	٠,٩٥٠	٤	٩٠	٧٥	١٧٠/٨٠
قواطع من الألوومر							٨٠-٣٠ كجم/م ^٢

لوابت : الوزن الحجمي للمونة = ٢,٢٥ جم / سم^٣ ، سمك البياض = ٢ سم من كل جانب .

الوزن الحجمي للبياض = ٢,٢٥ جم / سم^٣

✳ وزن لتر المسطح من البلوكات الجبسية بدون بياض / وزن لتر المسطح من البلوكات الجبسية بياض .

ثالثاً : أحوال الرياح :

التيال :

- (١) يختص هذا الجزء بتحديد الأحوال الإستاتيكية المكافئة للرياح والتي يجب أخذها في الاعتبار عند تصميم المباني والمنشآت كوحدة متكاملة أو عناصرها وأجزائها منفردة .
- (٢) يجب تصميم المباني والمنشآت بحيث تقاوم أحوال الرياح الإستاتيكية المكافئة والمؤثرة عليها .
- (٣) عند تصميم أى مبنى يتم حساب تأثير الرياح على العناصر

الآتية :

أ) الهيكل الإنشائي كوحدة متكاملة بما فيه القواعد الأساسات .

ب) الأعضاء الإنشائية مثل الأسقف والحوائط وخلافه .
ج) التكرسيات والشبابيك وخلافه .

(٤) عند حساب تأثير الرياح على الحوائط والقواطع وجميع أجزاء المبنى المعرضة لضغط أو سحب الرياح على وجهها فإن حمل الرياح التصميمي على هذه الأجزاء يكون المجموع الجبري للضغط أو السحب على الوجه الأول والضغط أو السحب على الوجه الثاني .

(٥) عند حساب أحوال الرياح على المنشآت والمباني العادية يتم حساب أحوال الرياح طبقاً للأسلوب الوارد بالبنء خامساً بالنسبة للمباني والمنشآت ذات الطابع الخاص .

أ) المباني والمنشآت التي يزيد ارتفاعها عن ٨٠ متر .
ب) المباني والمنشآت التي يزيد ارتفاعها عن أربعة أضعاف أقل بعد عرضي لها .

ج) المباني والمنشآت ذات الأشكال الغير مألفة .

د) المباني والمنشآت المزعم إقامتها في مناطق غير عادية مثل سطح وقسم الجبال .

هـ) المنشآت الخفيفة ذات القابلية للاهتزاز تحت تأثير الرياح .

فإنه يوصى باتباع الآتي :-

- (١) الحصول على قيم أقصى متوسط ساعى سنوى لسرعة الرياح من أقرب محطة أرصاد جوية لموقع المبنى وذلك لكافة سنوات الرصد المتاحة مع تحديد ارتفاع مكان قياس سرعة الرياح من سطح الأرض وطبيعة الموقع المحيط بمحطة الرصد .
- (٢) يتم حساب ضغط الرياح الأساسي باستخدام المعلومات المتوفرة في الفقرة السابقة وتحليلها باستخدام الأسلوب الإحصائي للقيم القصوى للحصول على سرعة الرياح التصميمية وضغط الرياح الأساسي .
- (٣) الاسترشاد بنتائج الاختبارات المعملية التي سبق عملها على منشآت مماثلة أو التي يتم عملها على نموذج للمبنى نفسه

في يختبر رياح تحت ظروف تماثل بقدر الإمكان الظروف الطبيعية لتحديد معاملات توزيع ضغط الرياح على الأسطح الخارجية والداخلية للمبنى على أنه في جميع الأحوال يجب ألا يقل تأثير الرياح على هذه المباني عن ذلك الناتج من استخدام أحوال الرياح التصميمية المنصوص عليها في هذا الكود .

(٤) استخدام الأسلوب الديناميكي في التحليل الإنشائي لتحديد تأثير الرياح على القوى والعزوم الداخلية والتغير في الشكل .

وأبعاً : الرموز :

- (١) ضغط الرياح الأساسي كجم/ م^٢ . q
- (٢) السرعة التصميمية بالتر/ ث . V
- (٣) الضغط أو السحب الناتج عن تأثير الرياح . P
- معامل التأثير الديناميكي للرياح . G
- معامل التعرض . K
- معامل توزيع ضغط أو سحب الرياح . C
- القوى الكلية للرياح على المبنى . F
- مساحة السطح من المنشأ المواجهة للرياح . A
- الارتفاع عن سطح الأرض . Z
- ارتفاع المبنى . h
- أبعاد المبنى في المسقط الأفقي . d, b
- يرمز للتأثير الخارجي . e
- يرمز للتأثير الموضعي . I
- يرمز للتأثير الداخلي . i
- يرمز للتأثير الكلي . F
- زاوية ميل اتجاه الرياح مع سطح المبنى في المسقط الأفقي . φ
- زاوية ميل السقف أو السطح على الأفقي . α

خاصة : الحمل الاستاتيكي المكافئ لتأثير الرياح :

١ - الضغط أو السحب الخارجي :

يتم حساب الضغط أو السحب الخارجي الناتج عن تأثير الرياح على أسطح المبنى كوحدة واحدة أو أجزاء منه من المعادلة التالية :

$$P_e = C_e K_z G_s q \quad (٢١) \text{ معادلة}$$

حيث P_e = ضغط الرياح التصميمي الخارجي المؤثر إستاتيكيّاً على وحدة المساحة للأسطح الخارجية للمبنى .
يكون اتجاه P_e متعامداً على السطح وتؤثر على اتجاه السطح إذا كانت P_e ضغط وللخارج بعيداً عن السطح إذا كانت P_e سحب .

q = ضغط الرياح الأساسي ويعتمد على الموقع الجغرافي للمبنى وتؤخذ قيمه طبقاً لما هو وارد في الجدول التالي .

معادلة رقم (٢٣) $P_1 = C_1 \cdot K \cdot G \cdot q$

حيث K, G, q هي نفس المعاملات الواردة في المعادلة رقم (٢١).

C_1 = معامل توزيع ضغط الرياح الموضوعي على أجزاء الأسطح الخارجية للمبنى المعرضة لتركيز ضغط الرياح وتعتمد قيمته ومكان تأثيره على الشكل الهندسي للمبنى طبقاً لما هو وارد في البند (٦ من ثامناً).

(٤) في بعض المباني والمنشآت التي لا تتطلب حساب توزيع ضغط الرياح على أسطحها وبالذات تلك التي تكون نسبة ارتفاعها أو طولها إلى باقي أبعادها عالية جداً فإنه يجب حساب القوة الكلية للرياح على المنشأ ككل بدلاً من حساب توزيعه على وحدة المساحة لهذا النوع من المنشآت فإنه يمكن حساب القوة الكلية للرياح من المعادلة:

معادلة رقم (٢٤) $F = C_f \cdot K \cdot G \cdot q \cdot A$

حيث F = هي القوة الكلية للرياح على المبنى.

$K \cdot G$ = معامل التعرض ومعامل التأثير الديناميكي حسب تعريفهم بالمعادلة رقم (٢١).

q = ضغط الرياح الأساسي.

C_f = معامل قوة الرياح الكلية.

A = مساحة المنشأ المواجهة للرياح.

سافناً : ضغط الرياح الأساسي q

(١) يتم تحديد ضغط الرياح الأساسي في هذا الكود على أساس قيم المتوسط الساعي لسرعة الرياح التصميمية عند ارتفاع ١٠ متر في الأماكن التي يتوفر فيها سحب كامل للأرضاء الجوية.

(٢) تؤخذ قيم q من الجدول التالي وذلك تبعاً لموقع المبنى بالنسبة للمدن والمواقع الغير واردة بالجدول تؤخذ قيم q المحددة لأقرب مكان من موقع المبنى.

جدول (رقم ٧) يبين قيم ضغط الرياح الأساسي.

الوقوع	ضغط الرياح الأساسي q (Kg/M^2)
مرسى مطروح	٤٢
الإسكندرية/ السلوم/ أبو صوير/	
الغردقة/ سيناء/ شاطئ البحر الأحمر	٣٧
القاهرة/ أسيوط/ بليس	٣٢
سيوة/ الداخلية	٢٨
الفيوم/ المنيا/ الأقصر/ أسوان/ مديرية	
التحرير/ طنطا/ النصاروة/ دمنهور	٢٥

٢٤٠٠ الجداول والأحمال

G = معامل التأثير الديناميكي للرياح (معامل التأثير العاصف) وتؤخذ قيمته تساوي ٢ ما لم يكن المبنى ذات طبيعة خاصة حسب ما هو وارد في البند سابقاً فيقسم حساب G باستخدام أساليب التحليل الديناميكي.

K = معامل تعرض يتغير مع الارتفاع عن سطح الأرض وتؤخذ قيمته طبقاً لما هو وارد في البند سابقاً، المعامل يحدد التوزيع الرأسى لأحمال الرياح ويحسب عند المكان المكافئ الذي يتم حساب ضغط الرياح عليه.

C_g = معامل توزيع ضغط أو سحب الرياح الخارجى على أسطح المبنى ويعتمد على الشكل الهندسي للمبنى وتؤخذ قيمته طبقاً لما هو وارد في البند ثامناً.

٢ - الضغط أو السحب الداخلي :

يتم حساب الضغط أو السحب الداخلي للرياح على الأسطح الداخلية للمبنى من المعادلة التالية :

معادلة (٢٢) $P_i = C_i \cdot K \cdot G \cdot q$

حيث P_i = ضغط الرياح الداخل المؤثر على وحدة المساحة على الأسطح الداخلية للمبنى وفي اتجاه متعامد على السطح ويؤثر للخارج في اتجاه السطح إذا كانت P_i ضغط وللداخل إذا كانت P_i سحب.

K = معامل التعرض وقيمته ثابتة بكامل ارتفاع المبنى وتغسب قيمته على أساس ارتفاع من سطح الأرض يساوى منتصف ارتفاع المبنى.

C_i = معامل توزيع ضغط الرياح الداخل على الأسطح الداخلية للمبنى ويعتمد على أماكن تواجد الفتحات بواجهات المبنى.

G = معامل التأثير الديناميكي للرياح وتحدد قيمته بناء على مساحة الفتحات بالواجهة كما يلي :

(١) $G = 1$ إذا كانت مساحة الفتحات لا تزيد عن ٢٠٪ من مساحة الواجهات.

(٢) $G = 0$ إذا كانت مساحة الفتحات تزيد عن ٢٠٪ من مساحة الواجهات.

q = ضغط الرياح الأساسي ويعتمد على الموقع الجغرافي للمبنى وتؤخذ قيمه طبقاً لما هو وارد في البند سادساً والجدول التالي من الكود وهي نفس قيم q المستخدمة في المعادلة رقم (٢١).

(٣) في المباني من المنشآت التي تتعرض لتركيز غير عادى لضغط الرياح في أماكن محددة من الأسطح الخارجية للمبنى فسوف تعرف هذه الضغوط بالضغوط الموضعية وتحدد أماكن تأثيرها حسب ما هو وارد في الفقرة ٥ من سابقاً ، ويتم حساب ضغط الرياح الموضوعي من المعادلة الآتية :-

سابعاً : معامل التعرض : K

(١) معامل التعرض هو للمعامل الذى يحدد التغير فى ضغط

الرياح مع الارتفاع وهو معامل يتزايد تدريجياً مع زيادة الارتفاع عن سطح الأرض .

(٢) يتم حساب معامل التعرض K من الجدول التالى .

(٣) عند حساب ضغط الرياح الخارجى يكون الارتفاع الذى يتم حساب المعامل على أساسه هو ارتفاع المكان المراد حساب ضغط الرياح الخارجى عنده من سطح الأرض .

(٤) عند حساب ضغط الرياح الداخلى عند أى مكان داخل المبنى يكون الارتفاع Z الذى يتم حساب المعامل K على أساسه هو نصف ارتفاع المبنى .

(٥) عند حساب ضغط الرياح الموضعى يكون الارتفاع Z الذى يتم حساب المعامل K على أساسه هو ارتفاع المكان المراد حساب ضغط الرياح عنده من سطح الأرض .

(٦) قيمة K يجب ألا تقل عن ١ ولا تزيد عن ٢,٣٠ .

جدول يبين قيمة المعامل (K)

معامل التعرض K	الارتفاع بالمتر
١,٠٠	١٠ - ٠
١,١٠	٢٠ - ١٠
١,٣٠	٣٠ - ٢٠
١,٥٠	٥٠ - ٣٠
١,٧٠	٨٠ - ٥٠
١,٩٠	١٢٠ - ٨٠
٢,١٠	١٦٠ - ١٢٠
٢,٣٠	أكثر من ١٦٠

تاسعاً : معاملات توزيع ضغط الرياح C

(١) معامل توزيع ضغط الرياح الخارجى C_e هو للمعامل الذى يحدد توزيع ضغط أو سحب الرياح على الأسطح الخارجية للمبنى، وهو معامل يدخل فى حساب ضغط الرياح على وحدة المساحة طبقاً للمعادلة رقم (٢١) .

(٢) يلزم تحديد معامل توزيع الرياح الخارجى عند حساب تأثير الرياح على الهيكل الإنشائى للمبنى كوحدة واحدة أو أجزائه وكذلك عند حساب تأثير الرياح على الشبائيك والواجهات وخلافه .

(٣) قيم معامل توزيع ضغط الرياح تعتمد على الشكل الهندسى للمبنى وأبعاده .

(٤) فى هذا الكود سيفترض أن توزيع قيم C_e حول المقطع الأفقى ثابت بكامل ارتفاع المبنى .

(٥) معامل توزيع ضغط الرياح الداخلى C_i هو للمعامل الذى يحدد توزيع ضغط أو سحب الرياح على الأسطح الداخلية للمبنى وهو معامل يلزم تحديده لحساب تأثير الرياح على وحدات الحوائط الداخلية والخارجية والتكسيات والشبائيك ولكن لا يدخل فى حساب تأثير الرياح على المبنى كوحدة متكاملة .

(٦) معامل توزيع ضغط الرياح الموضعى C_p يلزم تحديده عند حساب ضغط الرياح على أجزاء الأسطح الخارجية للمبنى والمعرضة لتركيز غير عادى لضغط الرياح ولا يلزم تحديده عند حساب تأثير الرياح على المبنى ككل أو على هيكل المبنى .

(٧) للمباني المستطيلة التى يقل ارتفاعها عن ضعف عمقها تؤخذ قيم C_p و C_i من شكل رقم (١-ب) أو شكل (أ) تؤخذ قيم C_p من جدول رقم (٤) أو شكل (أ) أو شكل (١-ب) التالين.

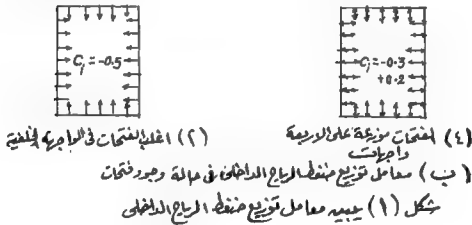
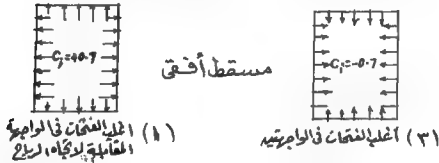
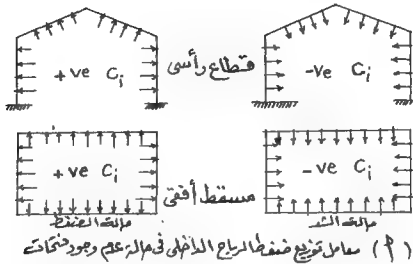
سابعاً : المعامل التأثير الديناميكي G

(١) معامل التأثير الديناميكي هو معامل يأخذ فى الاعتبار التأثير الديناميكي للرياح الناتج من الطبيعة العشوائية لتغير ضغط الرياح مع الوقت والخواص الديناميكية للمنشأ وقابلية المنشأ للاهتزاز تحت التأثير العاصف للرياح .

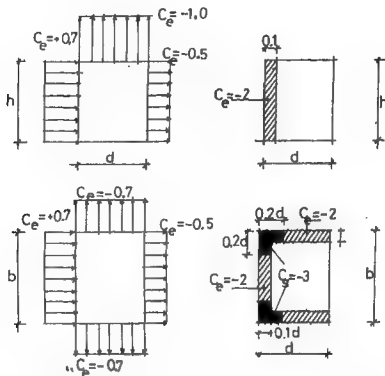
(٢) عند حساب ضغط الرياح الخارجى على المباني والمنشآت وأجزائها (معادلة رقم ٢١) تؤخذ قيمة $G = 2$.

(٣) عند حساب ضغط الرياح الداخلى على المباني والمنشآت وأجزائها (معادلة رقم ٢٢) تؤخذ قيمة G كالآتى :-

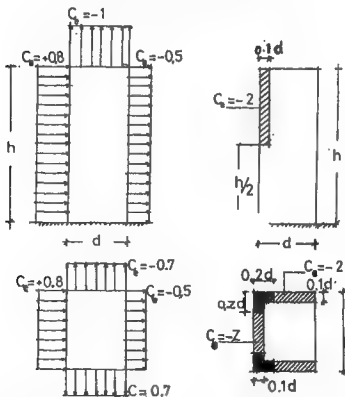
$G = 1$ إذا كانت نسبة الفتحات لا تزيد عن ٢٠٪ من مساحة الواجهات .



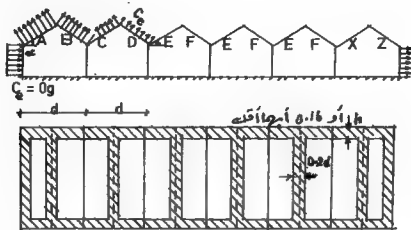
(٨) أجزاء الأسطح المعرضة لضغط الرياح موضعي هي تلك الموضحة بالتهشير في الأشكال التالية رقم ٢، ٣، ٤ .



٢- معامل ضغط سطحي
 ب- معامل توزيع الرياح الخارجي
 شكل (٢) يبين معامل توزيع ضغط الرياح للمباني المستطيلة
 التي يقل ارتفاعها عن ضعف عرضها



٣- معامل ضغط الرياح الموضني
 ج- معامل توزيع ضغط الرياح الداخلي
 شكل (٣) يبين قيم معامل ضغط الرياح للمباني التي تزيد ارتفاعها عن ضعف عرضها



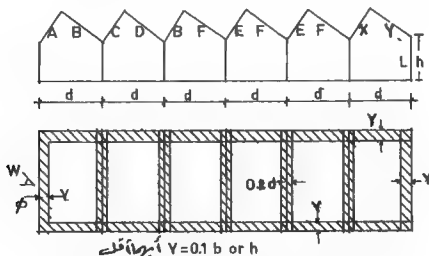
شكل (٥) يبيِّن معامل توزيع ضغط الرياح للمبنى من الدور الواحد ذات الأسطح على شكل سن المنشار المتناهي

جدول رقم (٦) معامل ضغط الرياح الداخلي C_i لمباني الدور الواحد ذات الأسطح على شكل سن المنشار المتناهي

جدول رقم (٥) يبين قيم C_e , C_s للمباني ذات الدور الواحد ذات الأسطح على شكل سن المنشار

C_i	أماكن تواجد الفتحات
+0.8	(١) أغلب الفتحات في الواجهة المقابلة لاتجاه الرياح
-0.3	(٢) أغلب الفتحات في الواجهة الخلفية .
-0.3	(٣) أغلب الفتحات في الواجهتين الموازيين لاتجاه الرياح
+ 0.3	(٤) الفتحات موزعة بانتظام على الأربعة واجهات

زاوية ميل α السطح	معامل توزيع ضغط الرياح الخارجى C_e										معامل الضغط الموزعى C_i
	A	B	C	D	E	F	X	Z			
5°	-0.9	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3			-2
10°	-1.1	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4			-2
20°	-0.7	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.5			2
30°	-0.2	-0.6	-0.4	-0.3	-0.2	-0.3	-0.2	-0.5			2
45°	+0.3	-0.6	-0.6	-0.4	-0.2	-0.4	-0.2	-0.5			-2



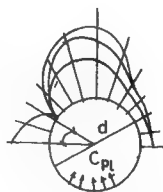
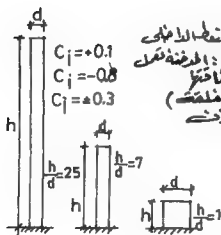
شكل (٦) يبيِّن معامل توزيع ضغط الرياح للمبنى ذات الدور الواحد على شكل سن المنشار المتناهي

جدول رقم (٧) بين معامل ضغط الرياح الخارجى C_e والموضعى C_p لمباني الدور الواحد ذات السقف بميل $30^\circ - 60^\circ$

زاوية ميل اتجاه الرياح ϕ	معامل توزيع ضغط الرياح الخارجى C_e											معامل الضغط الموضعى C_1
	W	A	B	C	D	E	F	X	Y	L		
0	+0.9	+0.6	-0.7	-0.7	-0.5	-0.5	-0.4	-0.4	-0.3	-0.4	-0.2	
80	-0.4	-0.5	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4	-0.6	0.6	0.1	+0.9	-0.2	

جدول رقم (٨) معامل ضغط الرياح الداخلى C_i لمباني الدور الواحد ذات السقف بميل $30^\circ - 60^\circ$

C_i		أماكن تواجد الفتحات
$\phi = 0$	$\phi = 180^\circ$	
+ 0.8	- 0.3	(١) أغلب الفتحات لى الواجهة المقابلة لاتجاه الرياح
- 0.3	+ 0.8	(٢) أغلب الفتحات لى الواجهة الخلفية
- 0.3	- 0.3	(٣) أغلب الفتحات لى الواجهتين لاتجاه الريح
± 0.3	± 0.3	(٤) الفتحات موزعة على الأربعة واجهات .



شكل (٧) قيم ضغط الرياح للمباني والمراسم

جدول رقم (٩) يبين معامل توزيع ضغط الرياح الخارجى للمآذن والمداخن الأسطوانية كدالة من الزاوية Θ

معامل توزيع الرياح الخارجى C_e			
Θ	$h/d = 25$	$h/d = 7$	$h/d = 1$
0	+ 1.0	+ 1.0	+ 1.0
15°	+ 0.8	+ 0.8	+ 0.8
30°	+ 0.1	+ 0.1	+ 0.1
45°	-0.9	+ 0.8	- 0.7
60°	- 1.9	- 1.7	- 1.2
75°	- 2.5	- 2.2	- 1.6
90°	- 2.6	- 2.2	- 1.7
105°	- 1.9	- 1.7	- 1.2
120°	- 0.9	0.8	- 0.7
135°	- 0.7	- 0.6	- 0.5
150°	- 0.6	- 0.5	- 0.4
165°	- 0.6	- 0.5	- 0.4
180°	-0.6	- 0.5	- 0.4

تستخدم القيم الموجودة في الجدول على النحو التالى :

١ (السطح الخارجى متوسط النعومة مثل سطح الخرسانة العادى أو سطح المبانى المنتظمة .

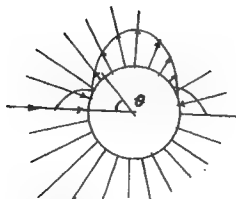
٢ (القيم المدونة في الجدول تم حسابها على أساس :

$$v d > 1.5 \text{ أو } v d > 6$$

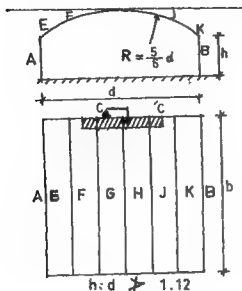
حيث d بالمتر، v السرعة التصميمية بالمتر / ث ، q ضغط

الرياح الأساسى كجم / م^٢

$$v = \sqrt{q}, \quad q = v^2 / 16$$



شكل (٨) يبين المنشآت الكروية



$h:d \approx 1.12$



شكل (٩) يبين توزيع ضغط الرياح
بزاوية الهجوم ϕ من 0° إلى 90°
انظر مبدئاً (١١)

جدول رقم (١٠) يبين معامل توزيع ضغط الرياح C_e كدالة
من الزاوية θ

θ	C_e	θ	C_e
0°	+ 1.0	105°	- 1.0
15°	+ 0.9	120°	- 0.6
30°	- 0.5	135°	- 0.2
45°	- 0.1	150°	+ 0.1
60°	0.7	165°	+ 0.3
75°	- 1.1	180°	+ 0.4
90°	- 1.2		

تستخدم القيم الموجودة في الجدول على أساس أن :

١ () السطح الخارجى متوسط النعومة .

٢ () القيم المدونة في الجدول تم حسابها على أساس :

$d/\sqrt{q} > 7$ أو $vd > 28$ حيث d قطر السطح بالتر و V السرعة

التصميمية (م/ث) و q ضغط الرياح الأساسى كجم /م^٢

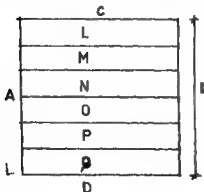
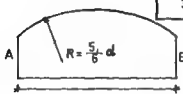
$V = 4\sqrt{q}$ ، $q = V^2/16$

المساحة المنتشرة معرضة لضغط مركز موضى في حالة $\phi = 30^\circ$

وأحد معامل الضغط في هذه الحالة فقط ويساوى $C_i = 2.5$

جدول رقم (١١) يبين معامل توزيع ضغط الرياح الخارجى

wind direction ϕ	معامل توزيع ضغط الرياح C_e									
	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K
0°	+0.7	-0.2	-0.3	-0.3	-0.1	-0.5	-0.8	-0.8	-0.4	-0.1
30°	+0.6	-0.3	-0.2	-0.4	-0.1	-0.4	-0.7	-0.9	-0.7	-0.4



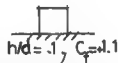
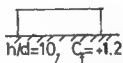
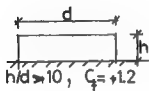
شكل (١٠) يبين توزيع ضغط الرياح
بزاوية الهجوم ϕ من 0° إلى 90°
انظر مبدئاً (١١)

جدول رقم (١٢) بين معامل توزيع ضغط الرياح الخارجي C_e

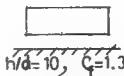
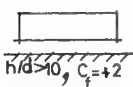
wind direction ϕ	معامل توزيع ضغط الرياح C_e								
	A	B	C	D	L	M	N	O	P
90°	-0.3	-0.3	+0.9	-0.3	-0.8	-0.7	-0.5	-0.3	-0.1

جدول رقم (١٣) معامل توزيع ضغط الرياح الداخلي

معامل توزيع ضغط الرياح الداخلي C_i			أماكن وجود الفتحات
$\phi = 0^\circ$	$\phi = 30^\circ$	$\phi = 90^\circ$	
+0.4	+0.7	-1.0	أغلب الفتحات في الواجهة A
-0.1	+0.6	+0.8	أغلب الفتحات في الواجهة C
± 0.2	± 0.2	± 0.2	الفتحات موزعة بانتظام على الأربع واجهات



١ - الحوائط المركزية على الأرض



٢ - الحوائط المركزية على الأرض

شكل (١١) يبين قيم معامل الرياح الكلية C_p للموارد الحوائط

جدول رقم (١٤) بين قيمة معامل قوة الرياح الكلية C_p الواردة في
معادلة رقم (٢٤)

h/d			المسقط الأفقى
٢٥	٧	١	
١,٣	١,٣	١,٢	مربع الشكل (الريخ عمودى على الضلع)
١,٥	١,١	١	مربع الشكل (الريخ فى اتجاه الوتر)
١,٤	١,٢	١	سداسى أو ثمانى الشكل
٠,٧	٠,٦	٠,٥	سطح أملس بدون نتوءات ($\frac{\bar{d}}{d} = 0.0$)
			دائرة الشكل سطح به نتوءات بنسبة
٠,٩	٠,٨	٠,٧	($\frac{\bar{d}}{d} = 0.2$)
١,٢	١,٠	٠,٨	سطح به نتوءات ($\frac{\bar{d}}{d} = 0.2$)

حيث \bar{d} = عمق النتوء

d = القطر أو البعد الأصغر للقطاع فى المسقط الأفقى

h = الارتفاع

المراجع

مراجع مشتركة في الأربعة أجزاء

- اسم الكتاب المؤلف
- ١ - الموسوعة الهندسية للمواصفات والتصميمات ومعدلات المواد والعمالة لإنشاء المباني والمراقب العامة طبعة ١٩٩٤ المهندس عبد اللطيف أبو العطا البقرى
 - ٢ - المنشأة المعمارية في التصميم الإنشائي - الكميات والمواصفات - دراسة العطاءات طبعة ١٩٨٩ المهندس عبد اللطيف أبو العطا البقرى
 - ٣ - المجلة الهندسية للقوات المسلحة الضباط العظام (بالهيئة الهندسية للقوات المسلحة)
 - ٤ - الكود المصرى لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية المسلحة مركز بحوث الإسكان والبناء والتخطيط العمرانى
 - ٥ - الكود المصرى لميكانيكا التربة وتنفيذ الأساسات فى (دراسة الموقع - الأساسات المعرضة للاهتزازات والأحمال الديناميكية - الأساسات على التربة ذات المشاكل - الأساسات الضحلة) مركز بحوث الإسكان والبناء والتخطيط العمرانى
 - ٧ - الأساسات (دراسة الموقع - الأساسات السطحية - الحواط الساندة) دكتور أسامة مصطفى شافعى

مراجع خاصة بالجزء الأول (دراسة الموقع)

- | | |
|---------------------------------|---|
| 1- N.T sytovich- B. dalmatove | Foundation soils and substructures |
| 2- A.K. Gamal Eïdin | Soil mechanics and foundation engineering |
| 3- Satyendra Mittal | Soil testing for engineerings |
| 4- K.T erzaghi, and R.B peck | Soil mechanics in engineering |
| 5- Dr. Tuma and. De. Abdel hady | Engineering soil mechanics |
| الدكتور أسامة مصطفى الشافعى | ميكانيكا التربة (أساسيات وخواص التربة) |
| الدكتور رشدى بطرس | مذكرات (اختبارات التربة ومدى صلاحيتها) |

مراجع خاصة بالجزء الثانى (الأساسات السطحية والعميقة)

- | | |
|---|--|
| N.E. Simons and B.K. Menzies | Ashort course in foundation engineering |
| 1- D.M. Hilal | Foundamentals of reinforced and prestressed concrete |
| 2- E. Fathy Farouk El- Gamal | Foundation solved problems |
| 3- G.N. Smith an E.L. Pole | Elements of foundation deisgn |
| 4- J.E. Bowel & Mc Craw Hill | Foundation analysis an deisgn |
| 5- Gregory P & Tschebotarioff | Foundation s- Retaining and earth structures |
| مركز بحوث الإسكان والبناء والتخطيط العمرانى | الكود المصرى لميكانيكا التربة وتنفيذ الأساسات (الأساسات العميقة) |
| دكتور محمد كمال خليفة | خوازيق الأساسات فى مصر |
| دكتور أسامة مصطفى شافعى | الأساسات (تجهيز الموقع - الأساسات العميقة - ترميم الأساسات) |
| دكتور رشدى بطرس | محاضرات (الأساسات السطحية) |
| دكتور يحيى مصطفى حمودة | الهندسة المعمارية فى الوسط المائى |

مراجع خاصة بالجزء الثالث (الحوائط الساندة)

اسم الكتاب

المؤلف

G.P Tschobanoff

Foundation retaining and earth structures

Peck Hanson Thornburn

Foundation engineering

مركز بحوث الإسكان والبناء والتخطيط العمراني

الكود المصري لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات (المنشآت الساندة)

ف . بانكوف ، ي . سيجالوف

الإنشاعات الخرسانية المسلحة

الدكتور أحمد كمال عبد الفتاح

محاضرات (نظريات الحوائط الساندة)

المهندس إبراهيم نجيب (مصلحة المباني الأميرية)

الاشتراطات الفنية للأعمال الإنشائية

مراجع خاصة بالجزء الرابع (انهيار المباني وعلاجها)

1- W.H. Ranson

Building failures, Diagnosis and Avoidance

2- V. Moskvina (Mir publisher)

'Concrete and reinforced concrete

Deterioration and protection

3- M.G. Richardson

Cracking in reinforced concrete buildings

4- Johnson, Sydney M.

Deterioration, maintenance and repair of structures

5- Londer, M., Weder, Ch

Concrete structures with ponded external reinforcement

6- Pullor-Strecker, P

Corrosion damaged concrete- Assessment and repair CIRLA london 1987

7- Rainer Aswald & Diemtar rogier & Hans Schweckert

Structural failure in residential buildings

الدكتور مهندس/ حبيب زين العابدین (بالسعودية)

الحکم على سلامة المنشآت الخرسانية

جامعة الدول العربية - المملكة العربية السعودية
وزارة الأشغال العامة والإسكان

تصدعات المباني بالعالم العربي وكيفية معالجتها

أ.د شريف أبو المجد - أ.م.د. منير كمال أ.د. عمر سلامة أ.م.د شادية الإيباري

تصدع المنشآت الخرسانية وطرق إصلاحها

مهندس/ سيد الشريف
مركز بحوث الإسكان والبناء والتخطيط العمراني

الأمان والاقتصاد في الخرسانة المسلحة

الكود المصري لأسس تصميم واشتراطات تنفيذ أعمال المباني
(مقاومة المباني للزلازل - الأحمال - الحوائط الحاملة - الحوائط الخارجية غير الحاملة المستعملة كستائر خارجيةالدكتورة شادية الإيباري
البحث العلمي والتكنولوجيا والبيئة العامة لبحوث

مذكرات (تصدعات المنشآت وعلاجها)

الإسكان والبناء والتخطيط العمراني

التقرير الدوري الثاني : لبحث : أنسب أساليب الإنشاء واقتصادياتها

دكتور سيد عبد السلام

سنة ١٩٨٦ ، ١٩٩١

دكتور محسن مشهور

تقرير فني : (إصلاح أساسات) وتدعيم مبنى سكني

المهندس/ حمدي عبد العزيز السيد

تقرير فني (الانهيار المبكر للمنشآت الخرسانية)

دكتور عزت هاشم مرسى - دكتور/ حسن طه

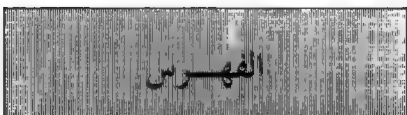
تقرير فني (إعادة مواصفات قياسية لمواد معالجة وإصلاح المباني)

العرومى - مهندس عمر أحمد طلعت

المؤلف

اسم الكتاب

- تقرير فنى (أسباب وآثار تراكم المياه على أرضية بعض المنشآت فى مصر وطرق علاجها)
 مهندس/ محمد مدوح رياض
 تقرير فنى (دراسة لعلاج تسرب المياه الأرضية داخل المباني)
 دكتور عبد الفتاح السيد أبو العيد
 تقرير فنى (تطوير نظام فعال لمراقبة جودة الخرسانة)
 دكتور حبيب مصطفى زين العابدين
 مذكرات وصور هامة للمشروع
 المهندس/ حسن صالح



بسم الله الرحمن الرحيم

الجزء الأول : دراسة الموقع

رقم الصفحة	بيان الأعمال
	الباب الأول : عناصر الاستكشاف وطرق أخذ عينات التربة وتوصيف لعمل التقرير والجسة
٩	الفصل الأول : عناصر الاستكشاف وأخذ عينات التربة
٩	الدراسة المطلوبة لعناصر الاستكشاف ..
١٠	طرق مبسطة لأخذ عينات التربة ..
١٠	(أ) الحفرة ..
١٠	(ب) قضبان الدق ..
١١	(ج) التنقيب ..
١١	(١) التنقيب بالبريمة أو الحفرة
١٢	(٢) التنقيب بالمضخة المائية (طريقة النافورة)
١٢	(٣) التنقيب الدوراني
١٣	تسجيل النتائج
١٣	شكل يبين تسجيل المعلومات الجيولوجية عند اختيار الموقع
١٣	شكل يبين تسجيل البيانات في قطاع نموذجي للجسات
١٣	شكل يبين توضيح أنواع التفسير في قطاع الجسات
١٤	الفصل الثاني : طريقة توصيف الجسة والتقرير
١٤	غلاف التقرير والمحتويات والمقدمة
١٥	استكشاف أبحاث التربة والجسات ، التجارب العملية والحقلية
١٦	التوصيات ، الاقتراحات ، العينات التي توجد بقطاع الجسة
١٧	قطاع توصيف الجسة وشكل يبين منحني التدرج الجبسي لهذه العينات
١٨	شكلان يبينان تعيين حدود القوام (حدود أتربرج) وتعيين حد السيولة باستخدام جهاز كزاجراند
١٩	شكلان يبينان تعيين حد اللدونة المقابل وتصنيف التربة باستخدام منحنيات اللدونة
	الباب الثاني : أنواع خواص التربة والصخور

٢١	الفصل الأول : أنواع الصخور
	تقسيم الصخور إلى ثلاثة أنواع رئيسية :
٢١	١ - الصخور النارية
٢١	٢ - الصخور الرسوبية
٢٢	جدول يبين أنواع الرسوب العضوية والآخر أنواع الرسوب الكيميائية
٢٣	٣ - الصخور المتحولة . ٤ - التقسيم الهندسي للصخور وجدول يبين وحدة الحجم ومسامية الصخور
٢٤	الفصل الثاني : أنواع التربة
٢٤	١ - تعريف التربة ، ٢ - أنواع التربة ، ٣ - تصنيف أنواع التربة
٢٥	٤ - التركيب المبدئي للتربة - قطاع التربة - عمليات التحرية والتجوية
	الفصل الثالث : أنواع التربة في جمهورية مصر العربية :
٢٦	(١) الرواسب النيلية - رواسب النهر في سهلة الفيض - الترسبات النيلية الساحلية - التربة العضوية
٢٦	(٢) التربة الصحراوية - الرمال المتناسكة - الطبقات الطينية

الباب الثالث : الدراسات والتجارب بالموقع

الفصل الأول : الجسات - القطاعات الجيولوجية - الطبقات الحرجة - أعماق الجسات - الجسات التأكيذية -

٢٩ جدول يبين أنواع الجسات الميكانيكية

٣٢ الفصل الثاني : جدول يبين متطلبات تحديد عدد الجسات بالمواقع المختلفة

٣٣ جدول يبين متطلبات تحديد أعماق الجسات

الباب الرابع : الاختبارات بالموقع وأنواعها

الفصل الأول : أنواع الاختبارات أولاً : اختبار الاختراق القياسى - الإعداد للاختبار - الملحق القياسية

٣٥ ثانياً : اختبار الدق - ثالثاً : تجربة الاختراق بالمخروط - تجربة الاختراق بالمخروط الديناميكي - تجربة الاختراق

٣٦ بالمخروط الاستاتيكي (المخروط الهولندي)

٣٧ خطوات إجراء الاختبار الميكانيكي - مخروط الاختراق الاحتكاكي

٣٨ مخروط الاختراق الكهربائي - طريقة مقياس الضغط للتربة

٣٨ طريقة وضع الجس في التربة - وضع الجس بعد عمل الحفرة - دفع الجس هيدروليكيًا أو مباشرة من سطح

٣٩ الأرض - الحفر الدقيق للمجس

٤٠ أجزاء التجربة - التصحيحات - الضغوط الأساسية

٤١ تسجيل المعلومات لكل اختبار

٤١ الفصل الثاني : اختبار نعيم التربة (لوح التحميل)

٤٢ خطوات إجراء الاختبار - تصميم الأساسات والطرق والمطارات

٤٣ حساب نتائج الاختبارات - معامل رد فعل طبقة الأساس

الجزء الثاني : الأساسات السطحية والعميقة

الباب الأول : اعتبارات لبعض الحالات الخاصة للأساسات

٥٠ - ٤٩ الأحمال الدائمة - مواد البناء

٥١ المواد المعدنية - الوقود - السوائل

٥٢ مواد غذائية - مواد أخرى

٥٣ الأحمال الإضافية غير الديناميكية (الأحمال الحية)

٥٤ تخفيض الأحمال الإضافية في الأبنية متعددة الطوابق

٥٤ وزن الأحمال الميتة المضافة للأساسات

٥٥ تحديد العمق الخاص بالحفر للأساسات - ثانياً - قوة تحمل التربة

٥٧ أنواع التربة المختلفة ومقدار الجهد الواقع عليها

٥٨ ملاحظات عامة على التأسيس - جدول يبين معامل الانتفاش للتربة

٥٩ جدول يبين أوزان أنواع التربة وزوايا الميل الطبيعي وجهد الاحتكاك لأنواع التربة على محيط الخوازيق

٥٩ التربة ذات المشاكل : تعريف التربة

٦٠ التربة القابلة للانحيار - التربة الطينية - أنواع التربة القابلة للانتفاخ - أنواع التربة القابلة للانحيار

..... أنواع التربة الطينية اللينة - التربة الكيميائية القابلة للانتفاخ :

٦١ أولاً : خصائص التربة المنتفخة

..... ثانياً : مظاهر التربة المنتفخة في الطبيعة - ثالثاً : ميكانيكية الانتفاش والأسباب المؤثرة عليها

٦٢ رابعاً : قيم ضغط الانتفاش

٦٤ الاحتياطات الواجب مراعاتها عند التأسيس على تربة منتفخة

٦٤ الطين النهري المكتسب حالة الانتفاخ - الطين الطفلي المكتسب حالة الليونة

معالجة التربة :

- ١ (الإزالة والدمك - ٢) التكيف بالفهرس السطحي - ٣) التكيف بالبدق السطحي -
 ٤ (التكيف بالاهتزاز مع العمر
 ٥ (استبدال التربة - ٦) تبيت التربة
 ٦٦

الباب الثاني : التأسيس على الصخر

- ٦٧ التقسيم العام للصخور - الصخور النارية
 ٦٨ الصخور الرسوبية - الصخور المتحولة
 ٦٩ المعادن المكونة للصخور - الكوارتز - الفلسبار - الميكا
 ٧٠ أسلوب التعرف على الصخور - جدول بين المعادن المكونة للصخور
 ٧١ الخصائص الهندسية للصخور - الصلابة - الصلادة - المتانة - إلخ
 ٧٢ أسلوب مبسط للتعرف على الصخور
 ٧٣ جدول بين تقويم الخصائص الهندسية لبعض الصخور - وصف بعض أنواع الصخور
 ٧٤ جدول بين الكثافة المتوسطة للصخور
 ٧٥ قدرة تحمل الصخور
 تصنيف الصخور طبقاً لمقاومتها القصوى - جدول بين تصنيف الصخور طبقاً لمقاومة الضغط غير المحاط -
 ٧٦ تصنيف الصخور طبقاً للمسافات بين الفواصل - الخواص الهندسية للتكوينات الصخرية
 تصنيف الصخور طبقاً لطبيعة واتجاه الفواصل - الأساسات الضحلة على الصخور السليمة - الأساسات الضحلة
 على الصخور غير السليمة
 ٧٧ التأسيس في حالة وجود الصخر على سطح الأرض أو قريب منها
 ٧٨ التأسيس السطحي لفندق المقطم بلو القاهرة على الصخر
 ٧٩ قطاعان رأسيان لمبنيين مختلفي المناسيب وفي منسوب واحد يبين طريقة الحفر والرمد
 ٨٠ رمى فندق المقطم وقطاع من مسقط أفقى
 ٨٢ - ٨١

الباب الثالث

الأساسات السطحية

- ٨٣ النموذج التي تم حلها بهذا الباب
 ٨٤ النموذج الأول : تصميم قاعدة ذو ثلاثة أعمدة وطريقة تصميم عامود
 ٨٦ رسومات القطاع والمسقط الأفقى والزم الحائى والقص
 ٨٨ ملاحظات على جهد القص والاختراق التماسك
 ٨٩ النموذج الثاني : الأساسات الشريطية لعدد من الأعمدة
 ٩١ رسومات النموذج الثانى
 ٩٣ النموذج الثالث : قاعدة مستطيلة مشتركة لعمودين متساوى الأحمال
 ٩٤ رسومات النموذج الثالث
 ٩٦ النموذج الرابع : تصميم قاعدة مشتركة لعمودين مختلفى الأحمال وأحدهما يعد عن الجار ٥٠ متر
 ٩٧ رسومات النموذج الرابع
 ١٠٠ النموذج الخامس : تصميم قاعدة مثل النموذج الرابع وبينهما كمره
 ١٠١ رسومات النموذج الخامس
 ١٠٢ النموذج السادس : قاعدة مشتركة لعمودين أحدهما ملاصق للجار ومختلفى الأحمال
 ١٠٣ رسومات النموذج السادس
 ١٠٥ النموذج السابع : قاعدة مشتركة شبه منحرف لعمودين أحدهما ملاصق للجار

١٠٧	رسم النموذج السابع
١١٠	النموذج الثامن : تصميم قاعدة مثل النموذج السابع وبينهما كمره
١١١	رسم النموذج الثامن
١١٢	النموذج التاسع : قاعدة مشتركة لثلاثة أعمدة مختلفى المسافات والأحمال
١١٣	رسومات النموذج التاسع
١١٥	النموذج العاشر : القواعد الكابولية
١١٧	رسم القواعد الكابولية
١١٩	استنتاج جهد القص ، جهد الاحتراق وجهد التماسك لقاعدة عمودية
١٢٠	النموذج الحادى عشر : قاعدة كابولية لعمود واحد
١٢٣	رسم النموذج الحادى عشر
١٢٤	النموذج الثانى عشر : الأساسات المستمرة
١٢٧، ١٢٦	قطعة أرض مساحتها $12,60 \times 12,10$ وعليها عدة أعمدة بنظام الكمرات والبلاطات ،
١٢٧	رسومات النموذج الثانى عشر
١٣١	النموذج الثالث عشر : نفس القطعة السابقة مع اختلاف الأحمال وتصميم البشة المسطحة
١٣٢	رسومات النموذج الثالث عشر
١٣٤	النموذج الرابع عشر : تصميم أساسات مستمرة بنظام الكمرات المتقاربة
١٣٦	رسومات النموذج الرابع عشر
	شرح لتصميم كمره حرف T

الباب الرابع الأساسات العميقة

١٤١	أنواع الخوازيق - استخدام الأساسات الخازوقية
١٤٢	تقسيم الخوازيق بطريقة متنوعة
١٤٣	رسومات لأشكال انهار الخوازيق معاملة الإحاطة - معامل التماسك
١٤٤	الخوازيق المجهزة أو السابقة الصب
١٤٥	الخوازيق التى تصب مكانها - خوازيق فرانكى
١٤٦	خازوق سترونج - خازوق سيمبلكس - خازوق فيرو
١٤٧	خوازيق لا تعتمد على الدق - خازوق بيتو
١٤٨	خوازيق فيرو بالتفريغ - خازوق بريست كور
١٤٩	خوازيق التخرم - خوازيق ويرس
١٥٠	خازوق كومبريسول - خوازيق استراوس
١٥١	الخوازيق الخشبية
١٥٢	جدول يبين تأثير خاصية الانعماج
١٥٣	الخوازيق الحديدية - الخوازيق الصلب المدرفلة - الخوازيق البريمة - قدرة تحمل الخوازيق
١٥٤	قدرة تحمل الخوازيق بالصيغ النظرية
١٥٥	التربة الطينية الصرفة
١٥٦	جدول يبين القيم المناسبة للاتصاق فى حالة الخوازيق المنشأة على تربة طينية صرفة
١٥٧	التربة الغير متاسكة الحبيبات
١٥٨	حساب قدرة تحمل الخوازيق من بيانات الدق - الصيغ الديناميكية الخاصة بالخوازيق المنشأة بالدق
١٥٩	شكل يبين كفاءة الدق
١٦٠	عدة أشكال تبين جهد الدق

١٦١	المعادلة الموجبة لتحليل بيانات دق الخوازيق
١٦٢	استخدام نتائج التجارب الحقلية - اختبار الخروط الإستاتيكي واختبار مقياس الضغط
١٦٣	جدول يبين تصنيف التربة
١٦٤	قدرة تحمل مجموعة الخوازيق
١٦٥	مجموعات الخوازيق على الصخر ، مجموعات الخوازيق على التربة الغير متماسكة الحبيبات
١٦٦	أحمال الشد على مجموعة الخوازيق - هبوط الخوازيق
١٦٧	هبوط مجموعات الخوازيق المنشأة بتربة غير متماسكة الحبيبات
١٦٨	الأساسات على خوازيق من تربة مدكوكة أو مستبدلة
١٦٩	الدمك الاهتزازي في التربة الرملية المفكك - الاستبدال الاهتزازي للتربة الطينية
١٧٠	القيسونات - القيسونات المفتوحة - قيسونات الهواء المضغوط
١٧١	الطريقة التي تم بها تنفيذ القيسونات بالنيل بكوبرى ٦ أكتوبر
١٧٢	القيسونات الصنوقية - أسس تصميم القيسونات
١٧٣	الجهاز المعدل المتحرك للمهندس جاميون
١٧٥	مراحل تشييد الجهاز
١٧٦	مشروع نافورة على النيل
١٧٧	الدعام
١٧٨	رسم يبين مراحل تنفيذ دعائم الكبارى والمنشآت البحرية
١٧٨	قدرة التحمل للدعامة
١٧٩	المراعاة في تصميم وتنفيذ الدعائم

الجزء الثالث : الحوائط الساندة

المقدمة

١٨٣

الباب الأول

استكشاف الموقع واعتبارات تنفيذية وفواصل الإنشاء

١٨٥	أعمال استكشاف الموقع والتجارب الحقلية
١٨٦	شكل يبين طريقة الصرف خلف الحوائط
١٨٧	فواصل الإنشاء - تسليح الحائط - غطاء حديد التسليح
١٨٨	أنواع الانهيارات الشائعة للحوائط - إصلاح الحوائط
١٩٠	جدول يبين معاملات الاحتكاك القصوى

الباب الثاني

اعتبارات هامة عند التصميم والضغوط وتصميم الحوائط المبنية من الطوب

١٩١	تعريف الحوائط الساندة
١٩٢	الضغط
١٩٣	الضغط الجانبي للجيوب
١٩٤	الضغط الجانبي للسوائل
١٩٥	الحوائط المبنية من الطوب - الأسس اللازمة لتصميم الحوائط

١٩٥	النموذج الأول : مطلوب قاعدة المثلث - نموذج يبين الضغط للتربة فقط بدون أحمال إضافية
١٩٦	النموذج الثاني : تصميم حائط ارتفاعه ٤,٥م المطلوب معرفة القاعدة للحائط
١٩٧	ضغط السوائل
١٩٨	ضغط الماء
١٩٨	النموذج الثالث : تصميم حائط لحجز الماء
١٩٩	ضغط الريح - ضغط الأتربة وعليها حمل إضافي
٢٠٠	النموذج الرابع : تصميم حائط عليه حمل إضافي بزاوية ٥١°
٢٠٠	النموذج الخامس : تصميم حائط عليه حمل إضافي ويحمل ٦ طن على بعد ٥,٥م من الناحية الظاهرة
٢٠٢	إيجاد أبعاد تقريبية للحوائط الساندة
٢٠٣	تطبيق للقاعدة التقريبية - طريقة استنتاج تأثير حمل مركز قريب من الحائط
٢٠٤	النموذج رقم ٦ : تصميم حائط عليه حمل مركز يبعد عن الحائط بمقدار ٢م
٢٠٦	إلقاء الضوء على المحصلة داخل أو الثلث الأوسط أو الربع الأوسط
٢٠٧	الأحمال المؤثرة بقطاعات القواعد المختلفة بالرسم
٢٠٨	طريقة إيجاد محصلة حائط ساند من الطوب بالرسم
٢٠٩	نموذج رقم (٧) : المطلوب تصميم قاعدة للحائط الساند من الخرسانة العادية
٢١١	رسم النموذج السابع
٢١٢	نموذج رقم (٨) : تصميم قاعدة من الخرسانة المسلحة لحائط ساند من الطوب
٢١٣	رسم النموذج الثامن
٢١٣	نموذج رقم (٩) : تصميم قاعدة على خوازيق خشب لحائط ساند من الطوب
٢١٤	رسم النموذج التاسع
٢١٥	رسم لاستنتاج أربعة خوازيق
٢١٦	نموذج رقم (١٠) : تصميم قاعدة من الخرسانة المسلحة مرتكزة على خوازيق لحائط ساند من الطوب
٢١٧	رسم النموذج العاشر
٢١٨	تأثير وجود طبقات مختلفة من الأتربة في الوزن والنوع على الحائط الساند
٢١٨	نموذج رقم (١١) : تصميم حائط ساند لنوعين من التربة المختلفة

الباب الثالث

الحوائط الساندة من الخرسانة العادية والمسلحة

٢٢١	الحوائط الساندة من الخرسانة العادية
٢٢٢	تصميم الحوائط الثقيلة
٢٢٣	النموذج الثاني عشر : تصميم حائط من الخرسانة العادية مقروض لها أبعاد
٢٢٧	الحوائط الساندة من الخرسانة المسلحة
٢٢٨	القيم العملية لأبعاد الحوائط الكابولية
٢٢٩	النموذج الثالث عشر : تصميم حائط كابولي من الخرسانة المسلحة
٢٣٥	رسومات النموذج الثالث عشر
٢٣٦	الحوائط الساندة ذات الدعامات الخلفية
٢٣٧	النموذج الرابع عشر : تصميم حائط ساند ذو دعامات من الخرسانة المسلحة
٢٣٨	رسومات لحائط ساند ذو دعامة
٢٤٠	قطاع لرسومات دعامة لحائط ساند من الخرسانة المسلحة

الجزء الرابع : تصدع المباني وعلاجها

٢٤٣	مقدمة
٢٤٥	الباب الأول : المواد والتصميم والتنفيذ
٢٤٥	مقدمة - مثلث مقفل ذو ثلاثة أضلاع - المواد - التصميم - التنفيذ
٢٤٦	الفصل الأول : المواد المستعملة في الخرسانة - الأسمت - الركام
٢٤٧	الإضافات - يراعى عند استخدام الإضافات الاشتراطات التالية
٢٤٨	ماء الخلط أو المعالجة : صلب التسليح للخرسانة
٢٤٨	الخواص الميكانيكية لصلب التسليح
٢٤٩	تحديد مكونات الخرسانة : رتبة الخرسانة
٢٥٠	متوسط المقاومة المستهدف - هامش أمان تصميم الخلطة
٢٥٠	نسب مكونات الخرسانة - خلطات استرشادية
٢٥١	خلطات تأكيدية المقاومة : اعتبارات خاصة لتأمين تحمل الخرسانة مع الزمن
٢٥٢	الحد الأقصى لمحتوى أيونات الكلوريدات في الخرسانة - الخرسانة في الظروف الحامضية
٢٥٣	جدول يبين متطلبات الخرسانة المعرضة للمهاجمة الكبريتية
٢٥٤	الفصل الثاني : التصميم
٢٥٤	أعمال الأساسات - ارتفاع المياه الجوفية وأضرارها
٢٥٥	طرق المعالجة المطروحة للتقليل أو الحد من أضرار المياه الجوفية على المباني
٢٥٦	الأساليب الوقائية في مرحلة تنفيذ المشروع (المبني)
	حماية الأساسات من أملاح التربة وأحماضها :
٢٥٦	الدراسات الكيميائية للمواد المكونة للبيئة المحيطة بالأساسات
٢٥٧	الأحماض الحرة والمعدنية - الكبريتات - أملاح المنسوسوم - أملاح الألمنيوم والماء العذب ، الدهون والزيوت
٢٥٨	تواجد المواد المهاجمة للخرسانة ، المياه ومصادرها المتعددة
٢٥٨	التربة وما تحتويه من مواد حمضية ضارة - الغازات والمياه وفحوصها
٢٥٩	التربة : التربة الضارة وفحوصها
٢٦٠	التربة المهاجمة والغازات وخطورتها على الخرسانة المسلحة
٢٦١	جدول يبين الاحتياطات اللازمة لحماية الخرسانة من الكبريتات المهاجمة
٢٦١	حماية الأساسات من تأثير الكيماويات
٢٦٢	بعض أسباب فشل للأساسات الضحلة
٢٦٢	أحمال الزلازل التصميمية : الإجهادات المسموحة
٢٦٣	طريقة الحمل الإستاتيكي المكافئ
٢٦٣	القوى العرضية التصميمية
٢٦٣	جدولان يبينان قيم معامل المنطقة الزلزالية (Z) ومعامل أهمية المبني I
٢٦٤	جدولان يبينان قيم معامل التربة (S) ومعامل الدافئ الإنشائي (IK)
٢٦٥	توزيع القوى العرضية
٢٦٥	طريقة طيف التجارب : المعامل الزلزالي التصميمي
٢٦٦	الأحمال المودية modal للأدوار
٢٦٧	طريقة التجارب الديناميكي : الإزاحة العرضية والى
٢٦٧	الأساسات الضحلة : القواعد المنفصلة والأساسات الشريطية واللبشة

٢٦٨	تسليح التربة : أسباب تسليح التربة - مبدأ النسبة المخرجة للفراغات
٢٦٩	العوامل المؤثرة على تسليح التربة - تقدير قابلية التسليح
٢٧٠	تقدير قابلية التسليح بمعلومية مقاومة الأخراق
٢٧١	الترجيح : الطريقة التقريبية لحساب الترجيح
٢٧٢	الحوائط السائدة : الضغط الجانبي والفعال للتربة
٢٧٣	الضغط المقاوم للتربة
٢٧٤	تأثير التشبع على الضغط الجانبي للتربة - إنح
٢٧٥	ثبات السدود الترابية والجسور : انهيار السدود الترابية
٢٧٧-٢٧٦	طرق التحليل لأنواع التربة
٢٧٧	تصميم الهيكل الخرساني
٢٧٧	التفاصيل الإنشائية : مطابقة التفاصيل الإنشائية
٢٧٧	ترتيبات عامة تتعلق بالتسليح ، الانحناء المسموح في أسياخ التسليح
٢٧٨	وصل الأسياخ
٢٧٩	طول التثبيت الأساسي في حالة الشد وحالة الضغط
٢٨٠	القواصل بين أسياخ التسليح والأسياخ المتلاصقة
٢٨١	الغطاء الخرساني للتسليح
٢٨١	ترتيبات خاصة ببعض عناصر الإنشاء : الأعمدة
٢٨٢	البلاطات والمنشآت المستوية
٢٨٢	إعداد الرسومات
٢٨٣	تحضير الرسومات التنفيذية
٢٨٣	الفصل الثالث : التنفيذ : ترتيبات خاصة بالقوالب والشدات
٢٨٦ ، ٢٨٥ ، ٢٨٤	رسومات خاصة بالقوالب
٢٨٧	تجهيز القوالب قبل الصب ، فك العوات
٢٨٨	التسليح - ترتيبات خاصة بالخرسانة والمواد الداخلة فيها
٢٨٩	نقل الخرسانة لموضع الصب - صب الخرسانة
٢٨٩	أعمال صب الخرسانة في المناخ الحار والبارد
٢٨٩	صب الخرسانة في المناخ الحار
٢٩١	بعض النقاط التي يجب ذكرها لصب ونمو الخرسانة في المناخ الحار
٢٩٢	أعمال صب الخرسانة في المناخ البارد
٢٩٢	بعض النقاط التي يجب مراعاتها لصب ونمو الخرسانة بالمناخ البارد
٢٩٣	قواصل الصب والانكماش والتقدم
٢٩٤	رسومات قواصل التقدم
٢٩٥	اختبارات الخرسانة - صنع الخرسانة - اختبارات الموقع
٢٩٦	التفاوت المسموح به في الأبعاد
٢٩٧	التفاوت المسموح به في التسليح

الباب الثاني : الشروخ في المباني

٢٩٩	الفصل الأول : الملخص للنهجي الذي يجب اتباعه في ملاحظة تصدع المباني
٢٩٩	ملاحظة التصدع - تحديد أسباب التصدع
٣٠٠	طريقة النسب المحدودة - الاختبارات اللازمة لتقسيم المنشأ - تجربة التحميل
٣٠١	الفصل الثاني : تصدع المنشآت خلال العشر سنوات الأخيرة بمجمهورية مصر العربية

٣٠١	الأسباب الرئيسية لانتهار أوتصدع المباني
٣٠٢	عيوب في تنفيذ الأعمال الصحية
٣٠٣	دراسة إحصائية للمنشآت التي تصدعت تبعاً لسنة الإنشاء
٣٠٤	علاج المنشآت الخرسانية من التآكل بسبب المياه
٣٠٤	تسرب مياه الصرف الصحي والمجارى
٣٠٥	الفصل الثالث : أنواع الشروخ
٣٠٥	شقوق قبل التصلد - شقوق بعد التصلد
٣٠٥	تقسيم المباني التي بها الشروخ إلى قسمين : وهما المباني الجاهزة والمباني العامة - المباني الجاهزة
٣٠٦	الشروخ الخرسانية للمباني الجاهزة
٣٠٦	شروخ غير إنشائية لأسباب غير إنشائية
٣٠٧	شروخ نتيجة التآكل - تآكل حديد التسليح
٣٠٧	الشروخ الإنشائية
٣٠٨	صيانة وترميم المنشآت - معالجة الشروخ وترميم المنشآت
٣٠٩	رسومات لطريقة تثبيت الأشجار
٣١٠	الفصل الرابع : تصنيف الشروخ الذاتية في الخرسانة المسلحة
٣١٢	جدول يبين تصنيفاً مبسطاً للأنواع الرئيسية للشروخ
٣١٢	رسم يبين رموز الشروخ المختلفة في مواقعها النموذجية
٣١٣	ثانياً : شرح لأسباب الشروخ وعلاجها : الشروخ الذاتية :
٣١٣	شروخ الانكماش اللدن - شروخ المبوط اللدن
٣١٤	الاحتياجات الواجب اتباعها في تفادى المبوط اللدن
٣١٥	رسومات تنفيذية لرسومات شدة تخضع للمواصفات العامة
٣١٦	شروخ التقطص الحرارى المبكر - شروخ الانكماش الناتج عن الجفاف
٣١٧	الشروخ الشبكية
٣١٨	شروخ بسبب تآكل حديد التسليح
٣١٩	حماية حديد التسليح - ميكانيكية تآكل حديد التسليح
٣٢٠	الاحتياجات الواجب اتخاذها لتفادى الشروخ الناتجة عن تآكل حديد التسليح
٣٢١	أسباب انتهار سقف معلق لحمام سباحة - شروخ بسبب التفاعل القلوى للركام
٣٢٢	شروخ بسبب تفاعل الخرسانة مع الكبريتات
٣٢٢	الشروخ الإنشائية : شروخ بسبب أخطاء التصميم
٣٢٤	رسومات تفصيلية لأشكال الشروخ المائلة في الكمرات
٣٢٥	تشققات الأركان والزوايا - شروخ نتيجة لضعف الخلطة الخرسانية
٣٢٥	شروخ سببها التسليح غير كاف والتفاصيل غير مكتملة
٣٢٦	ملاحظات عامة على الأساسات - شروخ بسبب إعاقة الحركة
٣٢٧	فواصل الصب - فواصل الانكماش
٣٢٨	أنواع الفواصل - رسومات تنفيذية
٣٢٩	فواصل التمدد - قصور في طريقة التنفيذ - إهمال العزل المائى والحرارى واستعمال الأنواع التقليدية من العزل ذو الكفاءة المنخفضة
	تعرض المنشآت لعوامل لم تؤخذ في الاعتبار عند التصميم
	صور لمباني مهدمة بسبب الزلزال وسوء التصميم والتنفيذ

٣٣٦	شروخ نتيجة لقلة القطاع الخرساني عن القطاع التصميمي - أسباب مجتمعة بسبب الشروخ وضعف الخرسانة
٣٣٧	ناجمة عن التنفيذ
٣٣٨	استعمال مواد غير مطابقة للمواصفات
٣٣٩	تدرج الركام الكبير والصغير
٣٤٠	أهم العوامل التي تؤثر على قوة الخرسانة ما يلي :
٣٤١	نوع الأسمنت المستخدم - الوسط المحيط بالخرسانة - أخطاء التسليح
٣٤١	شروخ نتيجة قربة التحميل وهبوطها
٣٤٣	شروخ نتيجة التحميل الخارجي - شروخ التآكل
٣٤٤	شروخ بسبب صدأ الحديد - شروخ بسبب الانتفاخ بالترربة
٣٤٥	شروخ سببها ضغط المياه - شروخ بسبب صنع وصب الخرسانة
٣٤٦	عيوب في الخرسانة ذات أسباب متعددة ..
٣٤٦	التفليح - بقع الصدأ - بقع الحريق - تلوين الخرسانة - انتفاخ الخرسانة
٣٤٧ - ٣٤٩	مجموعة من الأشكال تبين الأضرار الناجمة عن الأهمال

الباب الثالث

اختبارات الخرسانة

٣٥١	الفصل الأول : الاختبارات على الخرسانة أثناء التنفيذ - أسس الاختبارات
٣٥١	الفصل الثاني : زيارة الموقع - دراسة المبنى إجمالاً
٣٥٢	فحص المبنى من الخارج
٣٥٣	فحص المبنى من الداخل
٣٥٤	الفصل الثالث : اختبار الخرسانة غير المتلفة للخرسانة المتصلدة - عمل بقعة - تأشير نهاية الشرخ -
٣٥٤	وضع دبوس - طريقة القياس المعماري
٣٥٥	طريقة دقيقة لقياس الشروخ بطريقة القياس المعماري
٣٥٦	اختبار نوع كابو - اختبار وندسور - المنظار الكبير المقارن للشروخ
٣٥٧	جهاز مقياس الغطاء الخرساني والكشف عن وجود تسليح
٣٥٨	جهاز المطرقة المرتدة - مطرقة شميدت
٣٥٩	الاحتياطات الواجب اتخاذها عند استعمال المطرقة
٣٦٠	اختبار بطريقة أشعة جاما
٣٦٠	جهاز الكشف عن أماكن التسليح باكوميت
٣٦١	جهاز الخلطة النصفية (النحاس والنحاس الكبريتي)
٣٦١	الاختبار بقياس سرعة الموجات فوق الصوتية للخرسانة
٣٦٢	إحكام اتصال الموجة مع الخرسانة - قياس سرعة الموجة
٣٦٣	درجة دقة قياس الانتقال
٣٦٤	تأثير الإجهاد
٣٦٥	جهاز القياس
٣٦٦	تفسير النتائج - قياس سرعة الموجات - تعيين المرونة ونسبة بواسون
٣٦٧	العلاقة المتبادلة مع الاختبارات القياسية للقوة
٣٦٧	توضيح أسلوب تفسير نتائج الاختبارات المنفصلة لتعيين العيوب
٣٦٨	توقع سمك طبقة خرسانة ذات جودة رديئة

- ٣٦٩ منحنيات وصور خاصة بمریان الموجات فوق صوتية
٣٧٠ الفصل الرابع : الاختبارات المتلفة للخرسانة - اختبار القلب الخرساني
٣٧٠ العوامل التي تؤثر في اختبار القلب الخرساني
٣٧١ اختبار تحميل العناصر والمنشآت الخرسانية

الباب الرابع

مواد الإضافة وخرسانة الترميم ومواد اللصق

- ٣٧٣ الفصل الأول : مواد الإضافة
٣٧٣ أنواع مواد الإضافة وخصائصها
٣٧٤ ضبط الجودة - المواصفات القياسية
٣٧٤ مختصر للمواصفات الأمريكية A.S.T.M.C 494 type A
٣٧٥ مختصر للمواصفات الأمريكية A.S.T.M type (A+D), (B+D)
٣٧٦ مختصر للمواصفات الأمريكية A.S.T.M type (G) + (F)
٣٧٧ مختصر للمواصفات الأمريكية A.S.T.M type (B)
٣٧٨ الفصل الثاني : أعمال الترميم
٣٧٨ الخرسانة الخاصة بأعمال الترميم - الخرسانة البولومرية الأسمنتية - الخرسانة البولورية
٣٧٩ الخرسانة البولومرية والمشبعة (المغلفة كلياً) - الخرسانة المسلحة بالألياف
٣٨٠ تأثير إضافة الألياف المختلفة على الخرسانة
٣٨١ المونة الأسمنتية ذاتية السيولة قليلة الانكماش
٣٨٢ روبة مستحلب الجيرال بوند - مونة الأسمنت والرمل البولورية
٣٨٣ الفصل الثالث : البوليمرات واللدائن الإيوكسية
٣٨٣ مقاومة اللدائن (الإيوكسي في علاج الشروخ للضغط والقص والحرارة)
٣٨٤ نتيجة التجربة والتوصيات - التجربة تحت تأثير الحرارة المرتفعة
٣٨٥ تعريف وخصائص هامة عن البوليمرات واللدائن الإيوكسية
٣٨٦ اختيار الحامات حسب كل شرح
٣٨٧ المواد الإيوكسية لأعمال الترميم والتقوية وحماية الخرسانة
٣٨٨ دهانات الإيوكسي رزن
٣٨٩ المواد الطاردة للماء - المواد والمركبات الراتنجية للصلق الخرسانة بين المواصفات القياسية
٣٩٠ اختبار مقاومة الشد المباشر - اختبار تعيين معايير المرونة - اختبار مقاومة الانحناء
٣٩١ اختبارات الالتصاق فوق الضغط والقص المركبة - الالتصاق بالشد المباشر
٣٩٢ الفصل الرابع : استعمال المواد الأيدوكربونية في مقاومة تآكل خرسانة الأسمنت والحديد والصلب
٣٩٣ وفرة اللون والخرسانات البيتومينية بالمادة الأيدوكربونية
٣٩٥ الفصل الخامس : عزل المنشآت عن تأثير الماء

- ٣٩٥ عزل المنشآت إستاتيكياً عن فعل الماء بطريقة تشييد الحواطط الخارجية للمبنى من مواد لها درجة عالية لعزل الماء
٣٩٦ العزل باستعمال المواد الأيدوكربونية
٣٩٧ الخواص الموحدة والخواص المختلفة بين المواد الناتجة من الفحم الحجري والمواد الناتجة من البترول
٣٩٩ استعمال المواد الأيدوكربونية في عزل وحماية الحجرية وخرسانة الأسمنت

الباب الخامس

الإصلاحات الغير إنشائية والشروخ الغير إنشائية

- ٤٠١ تساقط الخرسانة
- ٤٠٢ التعشيش - الشروخ الرفعة الشعرية الغير نافذة
- ٤٠٣ علاج الشروخ بطريقة التشرب بالتفريغ - الشروخ الظاهرة بالخرسانة
- ٤٠٤ فتح الشروخ لتغطيتها بمادة مطاطية - فتح الشروخ لسدها - ترميم الشروخ بالنقب والحشو
- ٤٠٥ طريقة الحقن الخاصة باستخدام الراتنجات الإيبوكسية
- ٤٠٦ وقف تقدم الشروخ بواسطة $\frac{1}{4}$ ماسورة فوقها ولحامها - وقف تقدم الشروخ بطريق الفرز
- ٤٠٦ إصلاح الشروخ بالحقن بمونة الأمنت
- ٤٠٧ إصلاح الشروخ بالحقن بالمواد الكيماوية - السد بمونة مرنة
- ٤٠٨ تأكيد حديد التسليح - خطوات إصلاح حديد التسليح
- ٤٠٩ حماية أسياخ التسليح كهربائياً
- ٤٠٩ الفصل الثاني : الشروخ الإنشائية - تجهيز السطح وحقن المياه وتركيب أنابيب الحقن
- ٤١٠ خواص المواد المستعملة في الحقن - تقوم عملية الحقن - الشدة ذات القمع
- ٤١١ شبك التسليح - الحقن على الركام موضوع مسبقاً - تفريغ جزء من عمود وإعادة صبه

الباب السادس

طرق ترميم وتقوية وعلاج العناصر الإنشائية المختلفة

- ٤١٣ الفصل الأول : تدعيم البلاطات
- ٤١٤ إضافة طبقة خرسانية أعلا البلاطة - إضافة طبقة خرسانية أسفل البلاطة
- إضافة كميرات حديد تحت البلاطة - عمل حائط - تقوية البلاطات الكابولية - بلكونة عمولة على
- ٤١٥ كميرات وكوابيل
- ٤١٧ بلكونة تعمل كبلاطة كابولي
- ٤١٨ بلكونة تحمل على كوابيل حديد - تقوية البلاطة في القص باستخدام ألواح الصلب
- ٤١٩ الفصل الثاني : تدعيم الكمرات
- ٤١٩ علاج صدأ الحديد السطحي - علاج صدأ حديد التسليح الرئيسي المؤثر على الكمرات
- ٤٢٠ إضافة طبقة جديدة في منطقة الضغط
- ٤٢١ تقوية الكمرات بعمل شرائح حديدية أو كميرات مجرى
- ٤٢١ تقوية الكمرات مع البلاطة بواسطة شرائح الحديد
- ٤٢٠ تقوية الكمرات بعمل قميص من عليه صاج - زيادة تسليح القص
- ٤٢٣ تقوية الكمرات الخرسانية بإضافة كميرات حديدية أو لزيادة عمقها - استخدام الشد الخارجى
- الفصل الثالث : تقوية الأعمدة
- ٤٢٤ ترميم وتقوية الأعمدة الخرسانية - استبدال الجزء التالف من الغطاء الخرساني
- ٤٢٥ القمصان (التغليف) للأعمدة
- ٤٢٥ طريقة عمل قميص من الخرسانة المسلحة
- ٤٢٦ القمصان الحديدية للأعمدة
- ٤٢٧ الأسباب التي أدت إلى تصدع العمود الذى بالصورة
- ٤٢٨ زيادة أحمال الأعمدة في حالة عدم وجود أى عيوب ظاهرة في الخرسانة
- ٤٢٨ مثال يشمل البلاطات والكميرات والأعمدة - تدعيم البلاطات
- ٤٢٩ خطوات تنفيذ تدعيم الكمرات
- ٤٣١ خطوات تنفيذ تدعيم الأعمدة

- ٤٣٧ مثال لتغير النظام الاستاتيكي للعناصر الحاملة للمنشأ
- ٤٣٨ مجموعة صور لأعمدة حدث لها عيوب
- ٤٣٩ مجموعة صور من البلاطات والكمرات والعيوب التي يسببها حدث التصدع
- الفصل الرابع : الأساسات
- ٤٣٧ خطأ في تطبيق الأحوال على تربة الأساسات - عيوب في تربة التأسيس
- ٤٣٨ مؤثرات خارجية على الأساسات وترتها
- ٤٣٩ خطأ في تنفيذ الأساسات أو تصميمها (الإنشائي) أو الجيوتكنيكي
- ٤٤٠ تدعيم وتقوية وعلاج الأساسات السطحية - علاج صدأ الحديد - إصلاح الشروخ الخرسانية بالأساسات
- ٤٤١ زيادة مساحة التحميل على الأرض أو زيادة ارتفاع القاعدة
- ٤٤٢ زيادة مساحة القواعد المنفصلة بكون الحفر أسفلها
- ٤٤٣ زيادة ارتفاع القاعدة المسلحة في حالة تحمل جهد التربة للأحمال الزائدة أو حقن التربة أسفل القاعدة القديمة
- ٤٤٤ زيادة مساحة القاعدة أسفل القاعدة القديمة - زيادة مساحة القاعدة وارتفاعها
- ٤٤٤ تقوية الأساسات بتحويل القاعدة المنفصلة إلى لبشة
- ٤٤٥ تقوية الأساسات بزيادة سلك اللبشة
- ٤٤٦ مثال لمبنى مسجل لا يتحمل سوى دور واحد والمواد زيادة خمسة أدوار فولقة- وتدعيم الأساسات
- ٤٤٨ الأعمدة - الكمرات والبلاطات
- ٤٤٩ إضافة قواعد مسلحة زيادة وعلاج الأساسات لإنشاء مبنى على تربة متفتحة
- ٤٥٠ حقن التربة
- ٤٥١ تجريد التربة
- ٤٥٢ الأساسات العميقة - استعمال الخوازيق
- ٤٥٣ مثال لمبنى له قواعد منفصلة وتم زيادة أساسات خازوقية جديدة
- ٤٥٤ صور لمجموعة من الأعمدة والحواط التي تأثرت للبل والجفاف
- ٤٥٥ القصمان

الباب السابع

أثار الرطوبة - الطبقات العازلة للحراة والرطوبة

تخفيض مياه الرشح

الفصل الأول :

- ٤٥٧ أثار الرطوبة في إحداث تصدعات المباني وطرق التعامل معها- الرشح الناتج عن تسرب التجميدات الصحية
- ٤٥٨ الرشح الناتج عن المطولات المطرية
- ٤٥٩ الرشح الناتج عن المياه الجوفية - العزل - الصرف - دور الأشجار
- ٤٦٠ الرشح الناتج عن صعود الماء بالخاصة الشعرية
- ٤٦١ الفصل الثاني : الطبقات العازلة للرطوبة
- ٤٦٢ رسومات خاصة بطريقة العزل
- ٤٦٣ أنواع الطبقات العازلة - طريقة عازلة للأسفلت - البيروتكت .
- ٤٦٤ البيروبلاست - البيتومين على البارد العاكس لأشعة الشمس
- ٤٦٤ المواصفات لمواد الإضافة وتنحصر في ثلاثة أنواع
- ٤٦٥ العزل بمواد إشراق الأسطح - الفاندكس
- ٤٦٦ استخدامات مادة الفاندكس العازل للمياه والطوية
- ٤٦٧ ووتر بروف

- ٤٦٨ طريقة عزل حمام سباحة بالوتر بروف - طريقة العزل حول ماسورة
 ٤٦٩ ميتوكس فكس
 ٤٧٠ المواصفات الفنية للإيوكسى العازل - حماية الأسطح الخارجية
 ٤٧١ الطبقات العازلة للحرارة
 ٤٧٢ ملخص الطبقات العازلة للحرارة باختصار في البنود الآتية
 ٤٧٣ عزل الواجهات من الحرارة
 ٤٧٣ الفصل الثالث : تخفيض مياه الرش وصيانة الأساسات
 ٤٧٤ نماذج مبسطة لتخفيض مياه الرش
 ٤٧٥ استخدام أسلوب الآبار الإبرية
 ٤٧٦ تخفيض أرض الموقع - طريقة نزح الآبار المرشحة
 ٤٧٧ مثال لعلاج تسرب المياه الأرضية داخل البدروم لمبنى بالجيزة
 ٤٧٨ النماذج التي تم بها الإصلاح
 ٤٧٩ العلاج المقترح
 ٤٨٠ مثال لعلاج تسرب المياه لمبنى مستشفى بالقاهرة
 ٤٨٢ مثال لتخفيض المياه الجوفية بطريقة الآبار العميقة
 ٤٨٢ نظام تخفيض المياه الجوفية باستخدام الآبار العميقة
 ٤٨٤ تصميم زلط الفلتر
 ٤٨٥ توصية تنفيذ الآبار العميقة

الباب الثامن

أعمال البناء - ومعايير المعاينة والزلازل والأحمال

- ٤٨٧ الفصل الأول : طريقة البناء
 ٤٨٨ المباني ذات الحوائط الحاملة
 ٤٨٩ جدول يبين سمك الحوائط حتى ستة أدوار فوق الأرضى
 ٤٩٠ المباني الهيكلية - الطبقات العازلة للحرارة - وحماية المباني من الخارج
 ٤٩١ شكل يبين قطاع رأسى في مبنى حاملة
 ٤٩٢ الفصل الثاني : أعمال البناء بالبدش
 ٤٩٢ مسميات الأحجار تبعاً لأحجامها
 ٤٩٤ صور أنواع البناء بالبدش
 ٤٩٥ الأنواع المختلفة من الأحجار المستخدمة في البناء
 ٤٩٦ مقاسات الأحجار المستعملة في البناء - طريقة البناء - مكان وطريقة وضع الأحجار في المبنى وطريقة ربطها
 ٤٩٧ الإجهادات التي يتعرض لها المنشأ الحجر وأسبابها
 ٤٩٧ الفصل الثالث : أسباب انهيار المباني بالطوب أو الحجر
 ٤٩٨ أسباب الشروخ الرأسية في الحوائط الحاملة وعلاجها
 ٤٩٩ أسباب الشروخ الأفقية في الحوائط وعلاجها
 ٥٠٠ أسباب الشروخ المائلة في الحوائط وعلاجها
 ٥٠٣-٥٠١ صور لمباني تصدعت
 ٥٠٤ الفصل الرابع : معايير المعاينات لمعرفة أسباب الانهيارات
 ٥٠٤ المقدمة
 ٥٠٥ يجب دراسة هذه التقارير لثلاثة أسباب
 ٥٠٥ التقرير الأول صادر من الأستاذة الاستشاريين للشركة المنفذة

٥٥٥	المقدمة - المعاينة - توصيف المباني - ملاحظات عامة
٥٥٥	التنفيذ - مباني الدبش - أعمال الخرسانة المسلحة - أعمال التشطيبات - العلاج
٥٥٦	التقرير الصادر من الأستاذ الدكتور الاستشاري ببيتة المجتمعات العمرانية للرد على تقرير السادة استشاري الشركة
٥٥٦	المعاينة
٥٥٧	الرد على الملاحظات العامة
٥٥٨	التنفيذ
٥٥٩	العلاج المقترح
٥٥٩	المجاورة ٨
٥٥٩	الفصل الخامس : الزلزال
٥٥٩	المعايير العالمية لشدة الزلزال وتقسيم مصر من حيث النشاط الزلزالي
٥٥٩	جدول يبين معامل مخطوئية المنشأ K - جدول يبين معامل أهمية المنشأ I
٥٥٩	التوزيع الرأسى لقوى القص الأفقية الكلية المكافئة لقوى الزلزال
٥٥٩	عزم إلى الأفقى الإستاتيكي المكافئ
٥٥٩	التحليل بالطريقة الديناميكية - الأحمال الرأسية الناتجة عن الزلزال
٥٥٩	اشتراطات التشكيل المعماري العام للمبنى في المناطق الزلزالية
٥٥٩	تفاصيل إنشائية
٥٥٩	كمرات الرباط الخرسانة المسلحة والمبينة فوق وحدات بناء مصمت
٥٥٩	استخدام أعمدة مسلحة
٥٥٩	وحدات البناء - مونة البناء
٥٥٩	الأسطح النهائية - الأسقف - تعلية المباني وتبديل الشكل المعماري - الأعمدة من الطوب
٥٥٩	الحواطب المستخدمة كستائر خارجية - التكبسية - استخدام واحدت البناء المفرغة
٥٥٩	البناء بواحد البناء الطبيعية مباني الدبش
٥٥٩	الحواطب التي تحمل خزانات ذات سعة بسيطة - متطلبات معمارية - القواصل
٥٥٩	الفصل السادس : الأحمال
٥٥٩	العناصر غير التقليدية يتم السماح بها عند توافر بيانات - الأحمال التصميمية للزلزال على المباني
٥٥٩	جدول يبين أوزان الحواطب والقواطيع باستخدام وحدات مختلفة من الطوب
٥٥٩	أحمال الرياح - الرموز - الحمل الإستاتيكي المكافئ لتأثير الرياح - الضغط أو السحب الخارجى
٥٥٩	الضغط أو السحب الداخلى - ضغط الرياح الأساسى
٥٥٩	معامل التعرض K - معامل التأثير الديناميكي G - معامل توزيع ضغط الرياح C
٥٥٩	شكل يبين معامل توزيع ضغط الرياح الداخلى في حالة وجود فتحات
٥٥٩	شكل يبين معامل ضغط الرياح للمباني التي يزيد ارتفاعها عن ضعف عمقها
٥٥٩	شكل يبين معامل الرياح للأسقف المائلة
٥٥٩	شكل يبين معامل توزيع ضغط الرياح للمباني من الدور ذات الأسطح على شكل من منشار المثلث
٥٥٩	والذى على زوايا ٣٠ - ٦٠ و جدولوه
٥٥٩	جداول تبين ضغط الرياح ذات السقف بميل ٣٠ - ٦٠ - شكل يبين ضغط الرياح للمآذن والمداخن
٥٥٩	جدول يبين ضغط الرياح الخارجى للمآذن والمداخن الأسطوانية - شكل يبين المنشآت الكروية
٥٥٩	شكل يبين توزيع ضغط الرياح بزاوية اتجاه الريح من صفر - ٣٠ أو ٩٠
٥٥٩	شكل يبين قيم معامل الرياح الكلية C _p للأسوار والحواطب الخارجية
٥٥٩	جدول يبين قيمة معامل الرياح الكلية C _p
٥٥٩ - ٥٤٠	المراجع

تصويب الأخطاء

الصواب

الخطأ

عامود

سطر

صفحة

ثمانية أبواب	سبعة أبواب	٢	١٨	١
ثانياً	ثالثاً	١	٣	١٦
القشرة الأرضية	القشرة الأرضية	٢	٩	٢١
تتمد الفجوة expanded cavity	تتمد الفجوة	٢	٥	٣٨
والجيس	والجيس	١	١٢	٣٩
الجامد very soft to hard clay	الجامد	١	٢٨	٢٩
صخمة	صخمة	٢	١٠	٦٠
(Al ₂ Si O ₂ H ₂ O)	(Al ₂ SiO ₂ H ₂ O)	٢	٢١	٦١
الجبسيت	الجبسيت	٢	٢٣	٦١
ضغط انتفاش	ضغط انتفاش انتفاش	٢	٢٨	٦٣
15.5 cm ²	15.5/cm ²	١	٢٨	٩٥
$\frac{M}{K_2.87T}$	$\frac{M}{k_2.78T}$	١	٣٢	٩٥
$\frac{wL^2}{2} / m^{-}$	$\frac{wL^2}{2} / m$	١	٢٨	١١٠
Chech of Q _s	check of Q	١	٤	١١٥
Q _p = 70 - (30 X 50) X 4.2	Q _p = 70 - (30x50)x4.2	١	١٩	١٢٩
we design this beam as. (T) section	we design at T section	١	٣٣	١٣٥
condition	conduction	١	٨	١٣٦
30 K _g / cm ²	30k/cm ²	١	١٢	١٣٦
المتدالة	المتدالة	١	٧	١٤٥
نوع الكعب أما مخروط من الزهر أو هم	نوع الكعب فيتم	١	٢	١٤٦
ترال عن	تزن على	١	٤	١٤٦
$\Phi \frac{Y}{Z}$	$\Phi \frac{Y}{Z}$	١	٥	١٥٨
$\Phi \frac{Y}{Z}$	$\Phi \frac{Y}{Z}$	١	٦	١٥٩
Q _{all} = 45N (πR ²) + (N/3) (2πRL) .KN	Q _{all} = 45 (π R ²) + (N/3) (2πRL) KN	١	٤	١٦٢
العلاقة	العلاقة	١	١٩	١٦٣
$*P_{10} = \sqrt[3]{P_{11}^* \times P_{12}^* \times P_{13}^*}$	$*p_{10} = \sqrt[3]{P_{11}^* \times P_{12}^* \times P_{13}^*}$	١	٢٤	١٦٣
رمل كثيف	رمل كثيف	٢	٢٥	١٧٢
$\frac{wH^2}{2} \left(\frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \right)$	$\frac{wH^2}{2} \left(\frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin a} \right)$	١	١٥	١٩٨
$b = -b \sqrt{\frac{b^2 - 4ac}{2a}}$	$b = \pm b \sqrt{\frac{b^2 - 4ac}{2a}}$	١	٢١	٢٠١
P _v	P _v	١	٦	٢٠٢
b = القاعدة السفلى وسمك الحائط من أعلا	b = القاعدة السفلى للحائط وسمك الحائط من أعلا	١	١٩	٢٠٢
From example (6) get ² P, P ₁ , W ₁	From example (6) get P, P ₁ , W ₁	١	٦	٢٠٨
T = ارتفاع الخرسانة	t = ارتفاع الخرسانة	١	١٤	٢٠٩
D = ارتفاع الأصص + T	D = ارتفاع الأصص + t	١	١٥	٢٠٩
If we say	If not say	١	١٩	٢٠٩

صفحة	سطر	عامود	اخطأ	الصواب
٢١٠	٥ من آخر الصفحة	١	$\frac{Mx-x \times D/2}{1.00 \times d^3/12}$	$\frac{Mx-x \times D/2}{1.00 \times D^3/12}$
٢١٢	٢٨	١	$As = \frac{M}{K_2 \times .78T}$	$As = \frac{M}{K_2 \times .87T}$
٢١٦	السطر الأخير	١	$q_s = \frac{Q_s}{.87d}$	$q_s = \frac{Q_s}{.87T \times b}$
٢٢٤	السطر الأخير	١	$F^1_2 = \frac{VR}{A} + \frac{6m}{bt^2}$	$F^1_2 = \frac{VR}{A} \pm \frac{6M}{bt^2}$
٢٢٥	١٤	١	٢٥ , بمقدار العزم الحالى	٢٥ , بمقدار العزم الحالى
٢٨٨	١٥	١	bas	base
٢٣٠	٢٨	١	Foy	Fov
٢٣١	٤	١	14.07	14.07 ton/m
٢٣٢	٤	١	Total pressure on heel/m	Total pressure of heel/m
٢٣٢	٣٤	١	$As = .025\% A$	$As = .025\% A_c$
٢٣٤	٤	١	B.mat Pt A	B,M at Point A
٢٥٧	٧	٢	أملاح الأمونيوم	أملاح الأمونيوم
٢٧٣	٣	١	$P_{as} = \frac{1}{2} \gamma h^2 K_{as}$	معادلة رقم (٢٠) $P_{as} = \frac{1}{2} \gamma h^2 K_{as}$
٣٠٣	٢٧	١	سنة الإنشاء سبب التصدع	سنة الإنشاء سبب التصدع
٣٢١	٢٩	٢	amixtures	admixtures
٣٢٤	٤	٢	الجزعى	الجزعى
٣٢٦	١٢	٢	المكرره	المكرره
٣٨٧	٢	٢	منخفض نكن أعلى من الإيوكسى	منخفض لكن أعلى من الأيوكسى
٣٩٢	١٤	١	جـ - ضرورة استعمال نسبة قليلة من الماء مع ملاحظتها جيداً	جـ - ضرورة استعمال نسبة قليلة من الماء مع ملاحظتها جيداً
٣٥٦	٢١	١	تغريز	تغريز
٤٠١	٢٧	٢	يونادين	يونادين
٤٠٢	١٨	٢	يونادين	يونادين
٤٠٣	١٢	٢	الأزمل	الأزمل
٤٢٧	صوره	١	صورة لعامود	العامود رسمه مقلوب
٤٣٠	٦	٢	شم	شم
٤٣١	١٨، ١٢، ٧	١	شم	شم
٤٣٨	٧	٢	أولى درجه	أولى درجه
٤٤٦	٢٣	١	الخرسانة العلويه	الخرسانة العادية
٤٤٨	٢٤، ٢٣	١	١٠، ١٥ م	١٠، ١٥ م

الصفحة	السطر	عامود	الخطأ	المصواب
٤٤٨	٨	٢	بالسقف بأعرام	بالسقف من أعلا بأعرام
٤٤٨	٢٦	٢	الأشياء	الأشياء
٤٨٨	١٦	١	أو أكتاف سائده	أو أكتاف سائده
٥٠٣	صوره		شروخ رأسيه بارتفاع الحائط وفوق الأعتاب	شروخ رأسية للأسفل في مبنى من الدبش
			في مبنى من الدبش بسبب الزلزال	بسبب الزلزال
			شركة	شركة (.....)
٥٠٥	٢٦،٢١،١٨		(I)	(I)
٥١٣	١	٢	٢٥ × ٢٥	٢٥ × ٢٥ سم
٥١٩	٩	٢	نرجع إلى الباب الثاني من هذا الجزء	يرجع إلى الفصل الثاني من هذا الباب
٥٢٣	١	٢	الزلزال حسب الفقرة	الزلزال حسب فقرة الفواصل التالية
٥٢٤	٢	٢	نتعرض	نتعرض
٥٢٩	٣٦	١	هذا الكود	هذه الدراسة
٥٣٠	١٦	٢	C ₁	C ₂
٥٣١	٢٩،٢٣	٢	في أول الصفحة لا شيء	للأسقف التي تقل ظل زاوية ميلها عن ٨ - ٤، يؤخذ حمل الرياح سحب وضغط
٥٣٣	قبل الرسم	١		حسب الحدود الموضحة
٥٣٣	٩،٥٠،٢	١	C ₁	C ₁
٥٣٤	١	٢	C	C ₁
٥٣٧	٢٤	٨	-0.2	+0.2

« لقد كنت بحق - صديقي القارىء - مشاركاً بالرأى والفكر من خلال رسائلك العديدة التي وصلتني ، وحلقات المناقشة التي عقدناها فيما ورد بكتاب الموسوعة الهندسية والمنشأة المعمارية ، وأوجيت لى عن القصور فى المواد العلمية التي لم أقدمها للآن ونتاجاً لهذا سألت الله فأعاننى فى تأليف كتابي الثالث (الإنشاء والانهيار) كما أوضحناه بالمقدمة .

« لأن أى عالم أو مفكر يغيب - بعد قضاء الله - عن مسرح الحياة ، يأخذ معه كل عبقريته أو فكره مهما كان حجمه صغيراً أو كبيراً مع قدراته الخلاقة ، فلا أقل من أن يسجل إنتاجه على صفحات الكتب ذخيرة للعلم والعالم والحياة .

« وإنى لأدعو جميع المتخصصين وذوى الخبرة العلمية والعملية والعلماء فى كل مجال ببلادنا العربية لإصدار كتب تضم بين دفتيها خبرتهم ، بصرف النظر أكانت قليلة أو كثيرة ، شريطة التأكد والإلمام بما يكتب . وأسأل الله تبارك وتعالى أن يسرهم للخير ويسر الخير لهم ، ويعينهم على الحسنات ويضاعف لهم الثواب فيما يكتبون وذلك مضداً للحديث الشريف : « إذا مات ابن آدم انقطع عمله إلا من ثلاث : صدقة جارية وعلم ينتفع به وولد صالح يدعو له » .

« ولناخذ عبرة من قول الخليفة عمر بن عبد العزيز ، الذي عاش حياته من جانبيها ، حيث لم يترك قبل توليه الخلافة لوناً من رفاهية الحياة لم يرتشف منها ، والذي لم يدع بعد توليه الخلافة أحد ألوان التقشف لم يتبعه ويمارسه حيث قال : (إن استطعت فكن عالماً - فإن لم تستطع فكن متعلماً - وإن لم تستطع فصاحبهم - فإن لم تستطع فلا تكرهمهم) .

« قال ديجول رمز فرنسا المعاصرة فى مذكرته وتعجبه لانشغال الناس فى دول العالم بالمشاكل بدلاً من التعاون فى سبيل الخير قائلاً : (كلما نظرت للنجوم وأعمال السماء زدت إحساساً بتفاهة كل ما يجرى على الأرض من مشاكل . والعلم خير وسيلة لحل هذه المشاكل) .

« إلى كل من يضيف إضافة جديدة لتطور بلدنا . إلى كل من تعلمت على يديه لأساعد فى خدمة بلدى . إلى كل أساتذتى وأحبائى وزملائى : أمل أن ينال كتاب « الإنشاء والانهيار » رضائك . وقد جاءت محققة لكل ما يجرى بخاطرك وإنها كذلك بإذن الله . كما أرجو أن يكون كتابي هذا موصولاً جيداً بينى وبينك راجئاً الاتصال بى لأى إضافة أو تعقيب أو مناقشة . فأى فكر جديد أو بحث متطور هو إثراء للإنشاء والانهيار حتى تواكب التطور العصرى .

مهندس / عبد اللطيف أبو العطا البقرى

٤٢ شارع الدكتور عبد الله العربى - الحي السابع / مدينة نصر

تليفون : ٦٠٦٣٥٤

جمهورية مصر العربية .

حقوق الطبع والنشر محفوظة للمؤلف ومحظور إعادة طبع أو نشر أو تحويل كتاب (الإنشاء والانتهار) أو أى جزء منها بأى أسلوب من أساليب الطباعة أو النشر أو التصوير إلا بموافقة كتابية مسبقة من المؤلف شخصياً وإلا تعرض المخالف لأحكام القانون ويكون للمؤلف الحق فى المطالبة بالتعويض الذى يراه مناسباً .
وذلك طبقاً للقانون رقم ٣٥٤ سنة ١٩٥٤ وتعديلاته حتى آخر رقم ٩٨ سنة ١٩٩٢

محتويات الكتاب

- الجزء الأول : دراسة الموقع من صفحة ٣- حتى صفحة ٤٤ .
- الجزء الثانى : الأساسات السطحية والعميقة من صفحة ٤٥ حتى صفحة ١٨٠ .
- الجزء الثالث : الحوائط الساندة من صفحة ١٨١ حتى صفحة ٢٤٠ .
- الجزء الرابع : تصدع المباني وعلاجها من صفحة ٢٤١ حتى صفحة ٥٣٩ .

رقم الإيداع بدار الكتب ٩٤/٢١٩٢

الترقيم الدولي 0 - 6492 - 00 - 977 I.S.B.N

